



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# ZHODNOCENÍ FUNKČNOSTI UMĚLÉHO TRÁVNÍKU 4. GENERACE

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3957 – Průmyslové inženýrství  
*Studijní obor:* 3901T073 – Produktové inženýrství  
*Autor práce:* **Michael Perun**  
*Vedoucí práce:* Ing. Hana Pařilová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# ASSESSMENT OF FUNCTIONAL ARTIFICIAL TURF 4TH GENERATION

## Diploma thesis

*Study programme:* N3957 – Industrial Engineering  
*Study branch:* 3901T073 – Product Engineering

*Author:* **Michael Perun**  
*Supervisor:* Ing. Hana Pařilová, Ph.D.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michael Perun**  
Osobní číslo: **T12000467**  
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**  
Studijní obor: **Produktové inženýrství**  
Název tématu: **Zhodnocení funkčnosti umělého trávniku 4. generace**  
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Specifikujte princip výroby umělých trávníků 4. generace
2. Proměřte dle norem mechanicko-fyzikální vlastnosti trávniku
3. Porovnejte výsledky měření umělého trávniku 4. generace s typem umělých trávníků 3. generace
4. Na základě proměřených údajů navrhnete inovaci v konstrukci umělých trávníků
5. Ekonomicky zhodnoťte jednotlivé generace umělých trávníků





Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**ČSN EN 14877 Syntetické povrchy pro venkovní sportovní zařízení, 2006.**

**Perun,M.: Umělé trávničky určené pro fotbal, TUL : Liberec, 2011.**

**Technické listy firmy Juta, a.s. Dvůr Králové nad Labem**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Hana Pařilová, Ph.D.**

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2014**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 3. února 2014

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli s prací na diplomové práci. Patří mezi ně moje vedoucí diplomové práce Ing. Hana Pařilová Ph.D., jejíž cenné rady mi pomohly s napsáním diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc., Dr.h.c., který mi byl nápomocen při samotném testování a poskytl mi mnoho užitečných rad. Poděkování patří také firmě Juta, a.s. Konkrétně Ing. Jaroslavovu Budovi a Ing. Liboru Lašovi, kteří mi umožnili ve firmě Juta, a.s. na diplomové práci pracovat a vždy mi vyšli vstříc. Rád bych také poděkoval vedoucí zkušební laboratoře ve firmě Juta, a.s. Ing. Pavle Munzarové, která mi byla nápomocná v praktických otázkách týkajících se tématu diplomové práce. V poslední řadě děkuji za podporu své rodině, přátelům a mé přítelkyni.

## ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá umělými trávniky určenými jako povrch fotbalových hřišť. Cílem je porovnat umělé trávniky třetí generace s trávniky čtvrté generace, které vyrábí česká firma Juta, a.s. se sídlem ve Dvoře Králové nad Labem.

V práci jsou uvedeny výsledky jednotlivých testů a měření. Z těchto poznatků byla vybrána nejlepší varianta trávniku. V práci byla řešena problematika zvlnění fotbalových hřišť. Tento problém byl v práci objasněn a bylo navrženo inovativní řešení. Třetí i čtvrtá generace trávniku byla nadále porovnána i z ekonomického hlediska.

### KLÍČOVÁ SLOVA:

infill, umělý granulát, umělý trávník, monofil, extruzní linka, ovíjení, všívání, povrstvování, reologie, napínací rám, podkladová tkanina

## ANNOTATION

This thesis deals with artificial turfs intended as a surface of a football ground. The aim of the thesis is to compare third generation artificial turfs with turfs of fourth generation manufactured by the Czech company Juta, a.s. based in Dvůr Králové nad Labem. Results of individual tests and measurements are listed in the thesis.

Upon these results, the best variant of the turf was chosen. Furthermore, the thesis deals with the issue of ruffled football grounds. The problem was clarified in the thesis and an innovative solution was suggested. Turfs of third and fourth generation were also compared economically.

**KEY WORDS:** infill, artificial granulate, artificial turf, monofilament, extrusion line, wrapping, tufting, coating, rheology, tenter, backing fabric

## OBSAH

Úvod.....	11
1 Teoretická část .....	12
2 Vznik umělého trávniku.....	12
3 Výroba umělého trávniku .....	13
3.1 Technologický postup výroby umělého trávniku .....	13
3.2 Výroba vlasu trávniku (monofilu) .....	13
3.3 Ovíjení a texturování .....	14
3.4 Zákrutování.....	14
3.5 Všívání (tufting) .....	15
3.6 Povrstvování .....	15
4 Metody měření a jejich zařízení.....	16
4.1 Stanovení výšky odrazu míče .....	16
4.2 Stanovení odporu proti rotačnímu pohybu .....	18
4.3 Stanovení absorpce nárazu .....	21
4.4 Vystavení syntetické trávy simulovanému opotřebení .....	23
4.5 Stanovení vertikální deformace .....	25
4.6 Stanovení chování míče při valení .....	27
5 Testované materiály .....	29
5.1 Trávnik 3. generace – CHAMPION 60/140.....	29
5.2 Trávnik 4. generace – ACTIVE.....	33
5.3 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer .....	35
5.4 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced .....	36
6 Reologie .....	37
6.1 Reologie polymerních materiálů .....	37



7	Experimentální část.....	41
8	Měření mechanicko-fyzikálních vlastností povrchu trávníků .....	42
8.1	Požadavky Mezinárodní fotbalové federace FIFA.....	42
8.2	Testování trávniku 3. generace – CHAMPION 60/140 .....	43
8.3	Testování trávniku 4. generace – ACTIVE .....	45
9	Měření tažnosti podkladových tkanin.....	48
9.1	Podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer .....	48
9.1.1	Měření pevnosti a tažnosti po osnově.....	48
9.1.2	Měření pevnosti a tažnosti po útku .....	51
9.2	Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced .....	53
9.2.1	Měření pevnosti a tažnosti po osnově.....	53
9.2.2	Měření pevnosti a tažnosti po útku .....	55
9.3	Testování podkladových tkanin v teplotní komoře .....	58
9.3.1	Testování Tencate Thiobac Multi Layer.....	58
9.3.2	Testování Tencate Thiobac Glass Reinforced .....	60
9.4	Ověřování příčiny zvlnění podkladové tkaniny .....	61
9.4.1	Stabilizace podkladové tkaniny .....	61
9.4.2	Testování podkladové tkaniny v teplotní komoře ve volném stavu .....	62
10	Diskuze naměřených výsledků .....	65
10.1	Vyhodnocení mechanicko – fyzikálních vlastností.....	65
10.2	Vyhodnocení tažnosti podkladových tkanin .....	66
10.2.1	Vyhodnocení odlišnosti osnov podkladových tkanin .....	66
10.2.2	Vyhodnocení odlišnosti útků podkladových tkanin.....	67
10.2.3	Vyjádření naměřených hodnot pomocí boxplot grafu .....	67
10.3	Porovnání podkladových tkanin dle výsledků z teplotní komory .....	68

11	Návrh inovativního zlepšení .....	69
11.1	Podkladová tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced.....	69
11.2	Stabilizace podkladové tkaniny .....	70
12	Ekonomické zhodnocení variant trávníků .....	72
12.1	Trávník 3. generace Champion 60/140 .....	72
12.2	Trávník 4. generace Active.....	73
12.3	Výsledné ekonomické zhodnocení .....	73
13	Diskuze výsledků.....	74
13.1	Diskuze výsledků mechanicko – fyzikálních testů.....	74
13.2	Diskuze výsledku testování tažnosti podkladových tkanin .....	75
13.3	Diskuze výsledků testování podkladových tkanin v teplotní komoře .....	75
13.4	Diskuze zjištěných výsledků u ekonomického porovnání trávníků Champion a Active .....	76
14	Návrh nejlepšího řešení a typu trávniku .....	77
15	Závěr .....	78
16	Seznam použité literatury .....	82
17	Seznam obrázků.....	84
18	Seznam tabulek.....	85
19	Seznam příloh .....	87

## SEZNAM ZKRATEK

s.r.o.	-	společnost s ručením omezeným
a.s.	-	akciová společnost
FIFA	-	Fédération Internationale de Football Association
ČSN	-	Česká technická norma
EN	-	Evropská norma
R	-	síly, vyjádřené v procentech (%) zaokrouhlená na celé číslo
$F_t$	-	největší změřená síla na zkušební vzorek, vyjádřené v newtonech (N)
$F_r$	-	největší změřená síla na beton, vyjádřené v newtonech (N)
D	-	vertikální deformace
$f_{max}$	-	je největší deformace sportovní podlahy v ose padajícího závaží vyjádřené v milimetrech
$F_{max}$	-	největší síla (maximální hodnota), vyjádřené v newtonech (N)
PE	-	polyetylen
PP	-	polypropylen
SBR	-	styren butadien kaučuk
EPDM	-	ethylene propylene diene monomer
GmbH	-	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
$\sigma$	-	napětí
E	-	modul pružnosti
$\gamma$	-	deformace
$\tau$	-	tečné napětí v tekutině
$\eta$	-	dynamická viskozita
t	-	rychlostní gradient
S.O.	-	směrodatná odchylka
V.K.	-	variační koeficient
D.H.D.	-	dolní mez
H.H.D.	-	horní mez

## ÚVOD

Historie a vznik umělých trávníků sahá až do poloviny 60. let 20. století, kdy byl poprvé instalován ve Spojených státech amerických. Využití našel v Houstonu, hlavním městě Texasu. Zde byl nainstalován v městském stadionu Astrodome. Z důvodu zastřešení stadionu Astrodome vznikly na stadionu nepříznivé podmínky pro pěstování a udržování živého travního porostu. [1] Tím byl odstartován vývoj a produkce umělých trávníků ke sportovním účelům.

Cílem této diplomové práce je popsat výrobu umělých trávníků 3. a 4. generace firmy Juta, a.s. se sídlem ve Dvoře Králové nad Labem. Trávníky 3. generace jsou staršího typu a jejich konstrukce vyžaduje zásyp křemičitým pískem a umělým granulátem. Tento fakt navyšuje pořizovací náklady trávníku a náklady spojené s údržbou. Proto s dalším vývojem přichází trávník 4. generace bez nutného zásypu. V práci budou obě generace trávníků srovnány a bude stanoveno, zda 4. generace překonala 3. generaci.

Na základě technický listů firmy Juta, a.s. a technologických listů bude popsána technologie výroby jednotlivých generací umělých trávníků. Dle norem Mezinárodní fotbalové federace FIFA budou jednotlivé generace podrobeny mechanicko-fyzikálním testům, které musí trávníky splňovat. Dále bude zkoumáno naplnění základních hodnot požadovaných Mezinárodní fotbalovou federací FIFA, jako je odskok míče, absorpce nárazu, vertikální deformace, odolnost vůči rotačnímu pohybu a stanovení chování míče při valení v závislosti na použitém typu trávníku, zásypu a jeho množství.

V další části bude navrženo inovativní řešení ke zlepšení užitečných vlastností. Jedná se o vyřešení problematiky zvlnění umělých trávníků, které způsobují vysoké teploty na přímém slunci. Obě generace budou v závěru srovnány také z ekonomického hlediska a bude stanoven posudek jednotlivých generací a případné nejlepší řešení.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části diplomové práce bude popsána historie vzniku umělých trávníků a výhody jeho použití. Dále bude teoreticky popsána technologie výroby umělých trávníků firmy Juta, a.s. Konkrétně zde bude uvedena technologie výroby vlasu umělých trávníků, ovíjení a texturování, zákrutování, všívání a povrstvování umělých trávníků. V další části budou popsány metody testování umělých trávníků. Jedná se o konkrétní mechanicko – fyzikální testy. Tyto testy splňují požadavky dokumentu Mezinárodní fotbalové federace FIFA The FIFA Quality Concept Handbook of Requirements. V teoretické části jsou také popsány materiály a produkty firmy Juta, a.s., které jsou v experimentální části následně podrobeny testování. Jedná se o dva typy umělých trávníků 3. a 4. generace. Dále jsou zde uvedeny dvě podkladové tkaniny, které budou rovněž testovány. V poslední části je zmíněna problematika reologie, související s problematikou zvlnění podkladových tkanin.

# 2 VZNIK UMĚLÉHO TRÁVNÍKU

Umělý trávník vznikl v první polovině šedesátých let ve Spojených státech amerických. Na jeho vývoji se podíleli v roce 1965 Donald L. Elbert, James M. Faria a Robert T. Wright, což byli zaměstnanci firmy Monsanto Company. Firma Monsanto Company si v roce 1967 umělý trávník patentovala. Na prvopočátku se jmenoval výrobek „Chemgrass“, posléze byl přejmenován na „Astroturf“. Tento název vznikl z názvu sportovní haly „Astrodome“ v Houstonu, kde byl v roce 1966 instalován a nahradil stávající přírodní trávník. Nahrazen byl z důvodu, že hala Astrodome byla zastřešená a tím vznikly nevyhovující podmínky pro pěstování přírodního trávniku. Před instalací v Astrodome byl úplně poprvé instalován v roce 1965 na Mosses Brown school v městě Providence ve státě Rhode Island. [2] Od té doby se vyvinuly jak technologické postupy, tak použité materiály, čímž se změnila především kvalita celkového povrchu, ale i kvalita hry.

## Výhody

Jednou z výhod umělého trávniku oproti klasickému přírodnímu jsou nižší náklady na údržbu. Další z výhod je životnost umělého trávniku. Životnost umělého

povrchu je až 15 let, což je podmíněno jeho pravidelnou údržbou. Výhodou je nesporně možnost časového využití, které je 365 dní v roce. Lidé dávají stále více přednost umělým trávníkům i na zvelebení svého okolí – terasy, balkony, okolí bazénů či okolí budov. Zvláště v letních měsících při zasychání přírodního trávníku vypadá umělý trávník mnohem svěžeji. Povrch je možno bez nadsázky označit jako celoroční, v zimě je možno sníh shrnovat nebo dostatečným zalitím vody vytvořit kluziště. Sportovní umělý trávník JUTAgrass je univerzální umělý povrch pro venkovní hřiště. Je určen především pro rekreační i výkonnostní sport, ale může být aplikován i na víceúčelové sportovní hřiště nebo povrch přímo určený pro tenis, košíkovou, volejbal, házenou, kopanou, badminton, lehkou atletiku atd. [3]

### **3 VÝROBA UMĚLÉHO TRÁVNÍKU**

#### **3.1 Technologický postup výroby umělého trávníku**

Výroba umělého trávníku se dělí na několik technologických postupů. Na začátku výroby umělého trávníku je výroba monofilu, který představuje samotný vlas umělého trávníku. V další části technologického postupu se dle potřeby vyrobené monofily ovíjí nebo texturují. U trávníků vyrobených z fibrilované pásky se vkládá zákrut, který usnadňuje jejich následné zpracování. Cívky s monofily jsou navěšeny na cívečnice. Z cívečnic jsou jednotlivé monofily naváděny pneumaticky do všívacího stroje. Na všívacím stroji se do textilie všije vlas trávníku. Tento vlas v primární podkladové textilií není žádným způsobem ukotven, proto následuje finální technologická fáze povrstvování. V této fázi technologického postupu se nanáší na rubovou stranu vrstva SBR latexu, který po zaschnutí a vytvrzení upevní vlas natolik, že brání jeho vytržení z podkladové textilie.

#### **3.2 Výroba vlasu trávníku (monofilu)**

Základním materiálem pro výrobu vlasu je polyethylen, který je dodáván ve formě granulí. Tento materiál se vyznačuje dobrými mechanickými vlastnostmi, je tepelně odolný, hydrofobní, stálý vůči neoxidujícím kyselinám a louhům. Z tohoto polyolefinu se vyrábí fibrilovaná páska nebo monofil. V případě výroby monofilu se výroba dělí na tavení polymerního granulátu, formování monofilu, chlazení ve vodní lázni a odtažení. Na začátku procesu je granulát pneumaticky dopravován do násypky. Tavení polymeru



probíhá na šnekovém vytlačovacím stroji (extrudér). Zde se granulovaný polymer roztaví, homogenizuje a je vytlačován přes kontinuální filtraci pomocí dávkovacího čerpadla vytlačovací hlavou. Fotodokumentace vytlačovací hlavy je uvedena v příloze č. 1. Vytlačovací hlava má buď tvar ploché šterbiny nebo je kruhového průřezu. Výsledkem vytlačování taveniny přes hlavu ve tvaru podélné šterbiny je folie, která se dále kontinuálně podélně řeže na jednotlivé pásy – fibrilovaná páska. V případě výroby jednotlivého vlákna – monofilu je vytlačovací hlava kruhová, opatřená 160 šterbinami, kde dochází k formování monofilů a určení jejich tloušťky. Šířka jednotlivého vlákna se obvykle pohybuje od 0,8 do 2,5 mm. Tloušťka každého individuálního vlákna se pohybuje od 50 do 400 mikrometrů. Monofily mají čokovitý, obdélníkový nebo bumerangový průřez. Po zformování monofilů musí dojít k jejich ochlazení. Vytlačovaná vlákna jsou ochlazována ve vodní lázni, kde se z taveniny vytvoří pevná fáze. Způsobem a rychlostí ochlazení se rozhoduje o mikrostruktuře monofilů a jejich mechanicko-fyzikálních vlastnostech. Po výstupu monofilů je nutno pomocí odsávání z vláken odstranit vodu, aby nedocházelo k praskání monofilů v dlouhíci komoře. Odtahování monofilů je zajištěno systémem jednostranných válců (galet), které tvoří vstupní část dlouhíciho systému. Dloužení je důležitou částí výroby, kde dochází k dloužení monofilů v horkovzdušných pecích. Zde jsou monofily vedeny v jedné rovině přes uzavřenou komoru s cirkulací horkého vzduchu o teplotě 90 – 110°C. Vydložené monofily jsou navíjeny na cívky s čely. [4]

### **3.3 Ovíjení a texturování**

Předlohou pro texturaci i ovíjení jsou sdružená monofilová polyethylenová vlákna navinutá na cívkách s čely nebo fibrilované polyethylenové pásy různých jemností ve formě křížových cívek. K ovíjení se pak jako ovíjecí materiál používá polyesterová příze (viz příloha č. 2) ve formě texturovaných monofilů na papírových válcových cívkách. Touto přízí se ovíjí sdružené polyethylenové monofily navinuté na cívkách s čely. Princip texturace spočívá v působení tepla a tlaku vzduchu na předkládané monofily. [5]

### **3.4 Zákrutování**

Předlohou pro zákrutování jsou fibrilované polyethylenové pásy různých jemností navinuté ve formě křížových cívek či sdružená monofilová vlákna navinutá na

cívkách s čely. Při technologii zákrutování se předkládaným páskám dodává určitý počet zákrutů na jednotku délky. Zákrut může být buď levý (S) nebo pravý (Z). Zákrut se vytváří pomocí rotačního vřetene, kterým jsou jednotlivé pásy vlasu vedeny (viz příloha č. 3). Při každé otáčce vřetene se vkládá zákrut a to mezi předlohou a špičkou vřetene. [6] Vložení zákrutu usnadňuje další zpracování, především usnadňuje návod vlasu do všivacího stroje.

### **3.5 Všívání (tufting)**

Předlohou pro všivací stroj jsou válcové cívky, na kterých jsou navinuty polyethylenové zákrutované, ploché nebo texturované fibrilované pásy či polyethylenové monofily (viz příloha č. 2) ovinuté polyesterovou přízí či texturované bez ovinů. Dalším vstupním materiálem je podkladová textilie různých gramáží, což může být polypropylenová tkanina nebo polypropylenová tkanina spojená s netkanou textilií technologií vpichování či dvě polypropylenové tkaniny spojené i s netkanou textilií technologií vpichování. Všívat se může i do dvou podkladových textilií separátně přiváděných do všivacího stroje. Všívání zajišťuje soustava jehel, které všívají do přiváděné podkladové textilie vlas trávniku (viz příloha č. 4). [7]

### **3.6 Povrstvování**

Po všíti vlasu trávniku do podkladové textilie se provádí návod do povrstvovací linky. Zde probíhá proces povrstvování, který slouží k ukotvení smyček vlasu umělého trávniku, protože v tuto chvíli je vlas všit volně v podkladové textilií. Fotografie rubové strany nepovrstveného trávniku je uvedena v příloze č. 5. Na rubovou stranu umělého trávniku je nanášena směs vody, SBR latexu (styren butadien kaučuk), křídý ( $\text{CaCO}_3$ ) a pigmentu obvykle černé nebo zelené barvy. Fotografie nanášení SBR latexu na trávník je uvedena v příloze č. 5. Na konci celého procesu je trávník navíjen na dutinky. Hotová role je v poslední fázi výroby zabalená a označená etiketou. [8]

## 4 METODY MĚŘENÍ A JEJICH ZAŘÍZENÍ

V této kapitole je uveden výčet mechanicko-fyzikálních testů. Testy vychází z českých technických norem, které byly vypracovány dle manuálu The FIFA Quality Concept Handbook of Requirements vydané v lednu roku 2012. Dle tohoto dokumentu jsou stanovené jednotlivé testy a normy, které musí testovaný trávník splnit.

### 4.1 Stanovení výšky odrazu míče

Metoda stanovení výšky odrazu míče je vypracována dle normy ČSN EN 12235.

#### Princip zkoušky

Principem této zkoušky je stanovit výšku odrazu míče, který se nechá svisle dopadnout na testovaný povrch. Existují dva způsoby záznamu výšky odrazu míče. Jedním z nich je způsob akustický a druhý způsob stanovení výšky odrazu je způsob vizuální. Metoda, kterou budou testovány vzorky, je metoda vizuální. Výška odrazu se měří a vypočítává jako procentuální výška odrazu, odpovídající výšce spuštění.[9]

#### Zkušební zařízení a míč

##### *Míč*

Míč, odpovídající požadavkům mezinárodních sportovních federací příslušných sportů a dalším požadavkům uvedeným v tabulce č. 1.

Tabulka 1 - tabulka parametrů hodnot odrazu míče

Druh míče	Výška spuštění [m]	Výška odrazu od betonu [m]	Dodatečné požadavky
Fotbalový míč pro soutěže fotbalového svazu	2,00	1,350 ±0,05	Nahuštěný míč tlakem podle pokynu výrobce, odpovídajícím výšce odrazu.

### ***Zařízení na spouštění míče***

Zařízení slouží ke spuštění míče z konstantní určené výšky na zkušební povrch. Zařízení musí pracovat plynule a nesmí dát míči žádný impulz ani rotaci. Fotografie tohoto zařízení je uvedena v příloze č. 6.

### ***Vizuální záznamové zařízení***

Vizuální záznamové zařízení se skládá:

- a) ze svislé stupnice, umístěné tak, aby mohla být měřena výška spodní části míče od povrchu;
- b) z prostředku/způsobu ke stanovení největší výšky, do které se míč odrazí, s rozlišením lepším než 1% výšky spuštění, např. videozáznam nebo přímé pozorování.

### ***Sportovní povrch pro zkoušení***

Sportovní povrch může být testován ve vnitřním nebo ve venkovním prostředí nebo na vzorku odpovídajícím požadavkům zkoušky. Zkušební vzorek musí být připraven dle normy ČSN EN 12229.

## **Postup zkoušky**

### ***Stanovení odrazu míče od betonového povrchu***

Zařízení na spouštění míče se nastaví na výšku odpovídající druhu míče a hodnotám uvedeným v tabulce č. 8. Míč se nechá spadnout na stabilní betonový zkušební povrch o rozměrech nejméně 0,5 m krát 0,5 m a o minimální tloušťce 0,05 m. Míč musí dopadnout do vnitřní části, ohraničené 100 mm okrajem. V případě vizuální metody se zaznamená maximální výška, do které se míč odrazí, měřená ke spodní části míče. Postup se opakuje, provede se celkem pět odečtů, čímž je zajištěno, že míč při každém dopadu zasáhne jiný bod povrchu. Vypočte se a zaznamená průměr z pěti odečtů výšky odrazu míče  $H$  od betonového povrchu.

### ***Stanovení výšky odrazu míče od sportovního povrchu***

Postup se provádí stejně jako v případě zjištění odrazu míče od betonového povrchu s rozdílem nahrazení betonového povrchu sportovním povrchem. V případě, že se testuje ve vnějším prostředí, zaznamenává se, zda byl povrch suchý nebo mokrá a venkovní teplota.

### **Vyjádření výsledku**

Relativní procentuální výška odrazu pro sportovní povrch se vypočte podle následující rovnice:

$$R = \frac{R_s}{R_c} * 100 \quad (1)$$

$R$  relativní procentuální výška odrazu, v %;

$R_s$  výška odrazu od sportovního povrchu, v m;

$R_c$  výška odrazu od betonového povrchu, v m.

## **4.2 Stanovení odporu proti rotačnímu pohybu**

Metoda stanovení odporu proti rotačnímu pohybu je vypracována dle normy ČSN EN 15301-1.

### **Princip zkoušky**

Při této zkoušce se měří síla potřebná k uvedení zkušební podrážky do otáčivého pohybu při kontaktu se zkoušeným sportovním povrchem. [10]

### **Zkušební zařízení**

Zkušební zařízení se musí skládat z následujících součástí. Schéma zařízení a legenda je uvedena na obrázku č. 1. Fotografie zkušebního zařízení je uvedena v příloze č. 6.

- a) Zkušební noha skládající se z ocelového disku o průměru  $150 \pm 2$  mm, na který je připevněna příslušná zkušební podrážka.
- b) Hřídel s držadlem zvedáku, která je připevněna uprostřed disku se špunty.

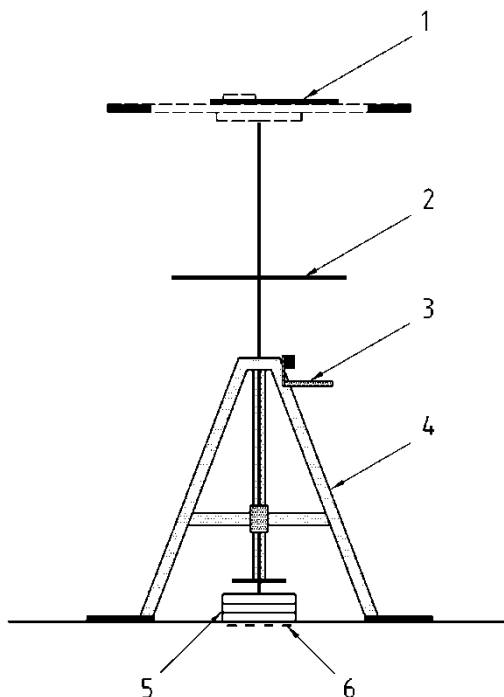
- c) Mechanický momentový klíč se dvěma držadly a se stupnicí od 0 Nm do 80 Nm s maximálním přírůstkem 2 Nm, nasazený na horní konec hřídele.
- d) Sada kruhových závaží ležících středově na povrchu disku se špunty, umožňující volný pohyb disku pod závažími. Celková hmotnost zkušebního zařízení (zkušební noha, hřídel, momentový klíč a závaží) musí být  $46 \pm 2$  kg.
- e) Trojnožka a vodící prvek minimalizují jakýkoliv boční pohyb zkušební nohy během zkoušky
- f) Zkušební podrážka musí být specifikována v popisu výrobku.

***Standardizované zkušební podrážky jsou tyto:***

- a) Fotbalová zkušební podrážka se špunty. Šest fotbalových špuntů rovnoměrně rozložených na spodní straně zkušební nohy  $46 \pm 1$  mm od středu disku. Špunty z plastu o tvrdosti  $96 \pm 2$  Shore A musí být vyrobeny podle obrázku č. 2.
- b) Hladká gumová podrážka;

Hladký gumový disk o průměru  $150 \pm 2$  mm a tloušťce nejméně 5 mm.

- c) Profilovaná gumová podrážka

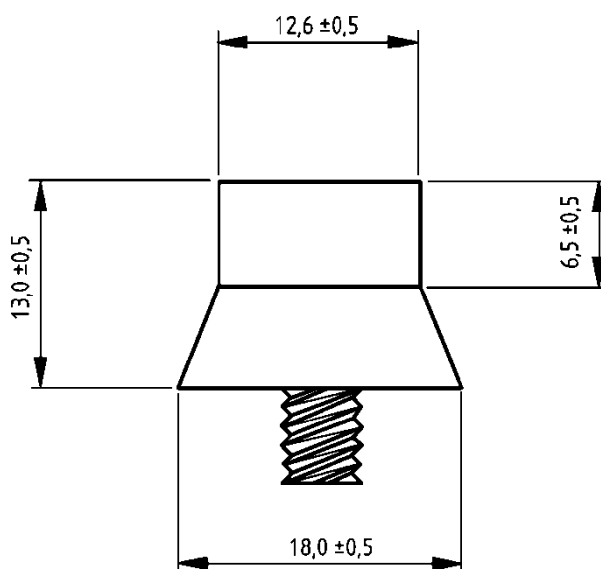


Obrázek 1- zařízení sloužící ke stanovení odporu proti rotačnímu pohybu [9]



## Legenda

- a) stupnice ukazující nastavení momentového klíče
- b) držadlo zvedáku
- c) spouštěcí mechanismus
- d) trojnožka
- e) závaží
- f) zkušební noha



Obrázek 2 - profil fotbalového špuntu (rozměry v milimetrech) [9]

## Zkušební vzorky

Pokud není stanoveno jinak, musí mít zkušební vzorky odebrané z měřeného sportovního povrchu rozměr nejméně 1000 mm x 1000 mm a musí být zhotoveny podle pokynů výrobce. Syntetická tráva a textilní sportovní povrchy musí být zhotoveny v souladu s EN 12229 a podle pokynů výrobce.

## Kondicionování

Zkušební vzorky se kondicionují nejméně 3 hodiny při zkušební teplotě. Pokud není stanoveno jinak, musí být laboratorní zkušební teplota  $23 \pm 2$  °C. Zkoušky na místě musí být prováděny za obvyklých podmínek na sportovišti.

## Postup zkoušky

Na začátku zkoušky musí být zajištěno očištění zkušební podrážky od všech zbytků výplně a nečistot. Po smontování zkušebního přístroje musí být zajištěn volný pohyb zkušební nohy. Před zkouškou syntetických trávníků a textilních povrchů se odstraní momentový klíč a spustí se závaží zkušební nohy z výšky  $60 \pm 5$  mm na povrch. Znovu se nasadí momentový klíč. Při zkoušení všech ostatních povrchů se musí zkušební zařízení usazovat tak, aby nedošlo k poškození povrchu. Ručička ukazatele na momentovém klíči se vynuluje. Za použití minimální točivé síly se jemně a plynule otáčí zkušební nohou tak, aby nebyl vyvinut nadměrný vertikální tlak na momentový klíč. Nejmenší rychlost rotace je 12 otáček/min. Otáčení pokračuje, dokud nedojde k zastavení pohybu zkušební nohy a po jejím otočení nejméně o  $45^\circ$  se zaznamená nejvyšší hodnota zobrazená na momentovém klíči. Zkušební přístroj se posune a postup se opakuje až do získání pěti výsledků. Pokud není určeno jinak, musí být zajištěno, aby zkušební místa byla nejméně 50 mm od sebe (od okraje k okraji zkušební nohy) a nejméně 50 mm od okrajů zkušební vzorku. Jestliže se při kondicionování použije zkušební vzorek menší než 1 000 mm x 1 000 mm, musí se provádět nejméně tři měření.

## Výpočet a vyjádření výsledků

Vypočítá se průměrná hodnota odporu proti rotačnímu pohybu. Zaznamenají se průměrné výsledky nejbližší celé hodnotě v newtonmetrech.

### 4.3 Stanovení absorpce nárazu

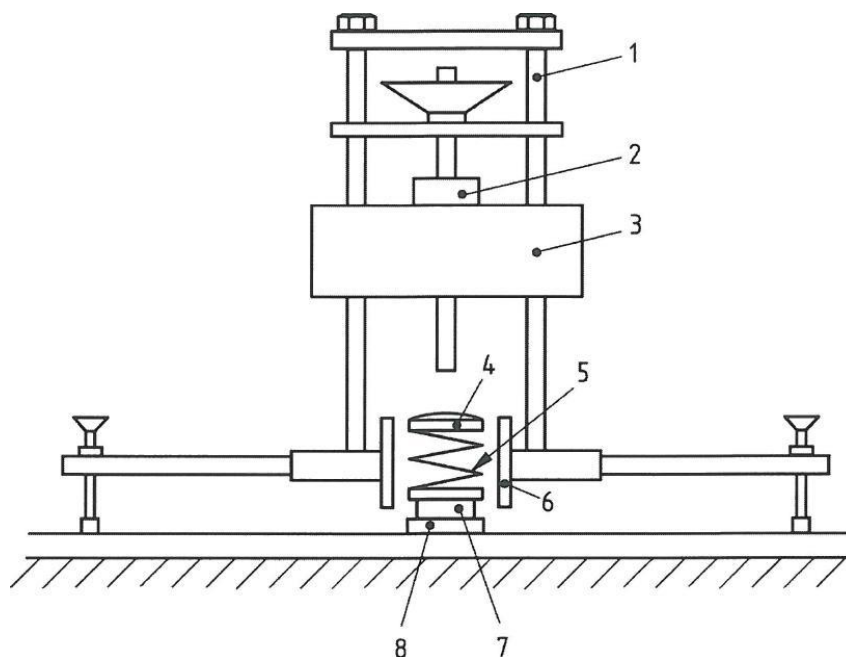
Metoda stanovení absorpce nárazu je vypracována dle ČSN EN 14808.

## Princip zkoušky

Při této zkoušce se závaží nechá dopadnout na pružinu umístěnou na zkušebním vzorku a zaznamenává se největší aplikovaná síla. Rozdíl mezi touto silou a největší změřenou silou na tvrdém povrchu se udává jako redukce síly. [11]

## Zkušební zařízení

Měřicí zařízení funguje na principu uvolnění závaží pomocí elektromagnetu. Toto závaží o hmotnosti 20 kg volně dopadne na spirálovitou pružinu. Zařízení na snímání síly vyhodnotí aplikovanou sílu. Schéma zařízení na měření absorpce nárazu je na obrázku č. 3. Fotografie měřicího zařízení je uvedena v příloze č. 6.



Obrázek 3 - zařízení Triple A [10]

### Legenda

- a) vedení pro padající závaží
- b) elektromagnet
- c) padající závaží
- d) horní deska
- e) pružina
- f) vodící trubka
- g) zařízení na snímání síly
- h) spodní deska

## Měření referenční síly $F_r$ na betonovém povrchu

Zařízení se umístí ve vertikální poloze k betonové podlaze. Závaží se umístí do výšky  $55 \pm 0,25$  mm nad měřicí soustavu síly. Závaží se pomocí elektromagnetu uvolní a

nechá dopadnout na soustavu pro měření síly. Naměřená hodnota se odečte. Celý test se jedenáctkrát opakuje. Z těchto jedenácti měření se vypočítá průměrná hodnota z druhého až jedenáctého měření a označí se  $F_r$ .

### Postup zkoušky

Zařízení se umístí ve vertikální poloze ke zkušebnímu vzorku. Měřicí zařízení by mělo být umístěné tak, aby závaží dopadlo nejméně 20 cm od kraje testovaného vzorku. Závaží se umístí do výšky  $55 \pm 0,25$  mm nad měřicí soustavu síly a následně se nechá dopadnout na měřicí soustavu síly. Toto měření se opakuje třikrát. Z druhé a třetí hodnoty se stanoví průměrná hodnota a označí se jako síla  $F_t$ .

### Výpočet a vyjádření výsledků

Redukce síly,  $R$ , se vypočítá z následujícího výrazu:

$$R = \left(1 - \frac{F_t}{F_r}\right) * 100 \quad (2)$$

kde

$R$  je redukce síly, vyjádřená v procentech (%) zaokrouhlená na celé číslo;

$F_t$  největší změřená síla na zkušební vzorek, vyjádřená v newtonech (N);

$F_r$  největší změřená síla na beton, vyjádřená v newtonech (N).

## 4.4 Vystavení syntetické trávy simulovanému opotřebení

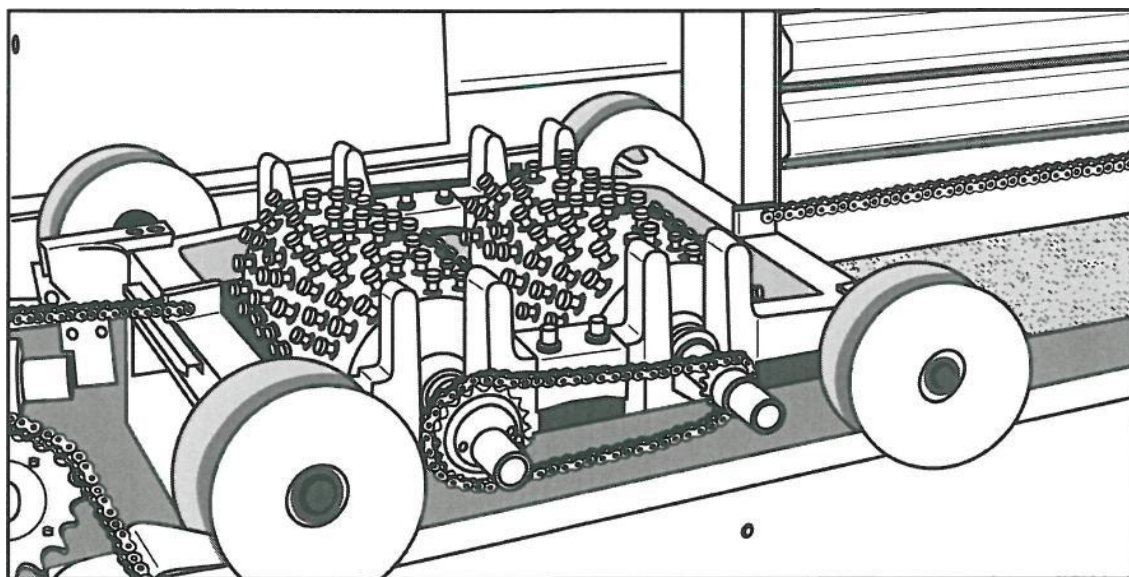
Metoda vystavení syntetické trávy simulovanému opotřebení je vypracována dle ČSN EN 15306.

### Princip zkoušky

Touto metodou se zjišťuje vzájemná interakce mezi sportovním povrchem a sportovní obuví u syntetické trávy a textilních povrchů. Součástí testovacího zařízení jsou dva válce osazené špunty, které se přes vzorek lineárně pohybují. Jeden z válců navíc simuluje klouzavý pohyb. [12]

## Zkušební zařízení

Zkušební zařízení se skládá ze dvou válců. Každý z nich má délku nejméně 300 mm a průměr  $118 \pm 5$  mm. Jeden z válců se musí otáčet o  $40 \pm 2$  % rychleji než druhý. Fotografie zařízení a válce jsou v příloze č. 6. Na obrázku č. 12 je znázorněno schéma zkušebního zařízení. Lineární rychlost pohybu v každém cyklu, tam a zpět, musí být  $0,25 \pm 0,05$  m/s. Přístroj musí být vybaven mechanickým systémem na počítání cyklů. Simulátor opotřebení musí být nastaven tak, aby se zabránilo přerušovanému pohybu v případě, že se válce přestanou otáčet, proklouznou a znovu se začnou otáčet. Aby se zabránilo opakovanému dopadání špuntů na stejné místo, musí se na konci každého cyklu válce volně pohybovat nebo musí být klouzavý pohyb občas změněn v toleranci procenta rotace, anebo musí dojít k příčnému pohybu podložky se vzorkem. Pokud dojde k příčnému pohybu podložky, musí být při rychlosti  $0,015 \pm 0,005$  m/s posuv během každého cyklu při tomto příčném pohybu  $20 \pm 1$  mm. Zkušební podrážka musí být na válce namontována podle specifikace výrobku. Na normalizované zkušební podrážce musí být  $145 \pm 5$  špuntů. Špunty musí být vyrobeny z plastu a musí mít tvrdost  $96 \pm 2$  ShoreA. Hmotnost válce, včetně nápravy a špuntů musí být  $31\,000 \pm 500$  g při délce válce 300 mm. Pokud budou použity delší válce, hmotnost se bude úměrně zvyšovat. Špunty nesmí být montovány na válce lineárně, ale musí být namontovány tak, aby jejich pohyb vytvářel tvar sinusové vlny. Tím je zaručeno, že bude zkušební vzorek opotřebováván stejnoměrně.



Obrázek 4 - zařízení sloužící k simulovanému zatížení trávniku [12]

## **Zkušební vzorky**

Velikost zkušební vzorku musí být nejméně 800 mm x 400 mm. Plocha stejnoměrně zatěžovaného povrchu musí být nejméně 500 mm x 300 mm.

## **Postup zkoušky**

Připravený zkušební vzorek se vloží do simulátoru opotřebení. Výška válců se nastaví tak, aby se špunty dotýkaly vyplněné vrstvy nebo vlasu koberce. Po spuštění přístroje se po každých 1 000 cyklech (jeden cyklus sestává z úplného pohybu tam a zpět) stroj zastaví. Materiál, který se buď ze zkušební vzorku uvolnil a leží na podložce, nebo se nahromadil na okrajích zkušební vzorku, se znovu rovnoměrně rozprostře po celém vzorku. Další výplňový materiál se v průběhu zkoušky nepřidává. Povrch se lehce překartáčuje a vlas koberce se zvedne. Zkouška pokračuje tak, že se postupně přidává vždy 1 000 cyklů, až celkový počet cyklů bude o 200 nižší, než je uvedeno ve specifikaci výrobku. Provede se dalších 200 cyklů bez toho, aby se znovu vrátil na vzorek materiál, který se při zkoušce uvolnil. Ze simulátoru opotřebení se vyjme podložka se zkušebním vzorkem. Zkušební vzorek se opatrně sundá ze zkušební podložky tak, aby nedošlo k poškození vzorku ani výplně. Vlas koberce se nesmí kartáčovat ani narovnávat.

## **Hodnocení a vyjádření výsledků**

### ***Změna vzhledu***

Zkušební vzorek se vyfotografuje tak, aby byl vidět celkový výsledek simulovaného opotřebení. Všechny změny na vláknech, stlačení, poškození, oděr vláken, změny infillů apod. se detailně zdokumentují na fotografiích.

### ***Zkouška sportovně funkčních vlastností***

Zjistí se sportovně funkční vlastnosti a materiálové vlastnosti podle specifikace uvedené v odpovídající specifikaci výrobku. Zaznamenají se všechny změny způsobené tím, že byl materiál vystaven simulovanému opotřebení.

## **4.5 Stanovení vertikální deformace**

Metoda stanovení vertikální deformace je vypracována dle ČSN EN 14809.



## Princip zkoušky

Při této zkoušce se závaží nechá dopadnout na pružinu umístěnou na zkušebním vzorku; zaznamenává se největší dosažená deformace. [13]

## Zkušební zařízení

Zařízení k měření vertikální deformace je shodné se zařízením pro stanovení absorpce nárazu. Schéma zařízení je zobrazeno na obrázku č 3. Fotografie zařízení je v příloze č. 6.

## Postup zkoušky

Zařízení se postaví tak, aby bylo ve vertikální poloze ke zkušebnímu vzorku a aby závaží dopadlo nejméně 20 cm od okraje u sportovních povrchů s bodovou a smíšenou pružností, nebo nejméně 1 m od okraje u sportovních povrchů s plošnou a kombinovanou pružností. Oba senzory (např. snímače deformace) se nastaví tak, aby jejich spojnice procházela osou padajícího závaží ve stejné vzdálenosti k ose padajícího závaží na samostatný stojan (celková vzdálenost mezi senzory  $< 125$  mm). V závislosti na druhu sportovního povrchu musí být nejmenší vzdálenost mezi opěrnou nohou na podstavci a osou padajícího závaží určena v odpovídajících specifikacích. Před začátkem měření se musí snímač deformace dotýkat horizontálních plošek na zkušební noze. Záznamové zařízení se spustí před uvolněním závaží. Výška dolní plochy závaží se nastaví tak, aby byla  $120 \pm 0,25$  mm nad zkušební nohou. Zkušební noha způsobuje předběžné zatížení povrchu a odpovídající deformaci povrchu. To je nulová poloha. Závaží se nechá dopadnout na zkušební nohu pouze jednou. Zaznamená se síla, která působila na povrch a výsledná deformace způsobená nárazem. Během 5 s od nárazu se vyzvedne závaží a znovu se upevní k jeho podpěrnému zařízení, aby se mohl povrch zotavit před dalším nárazem. Pokud není stanoveno jinak, opakuje se v intervalech po 1 minutě, až se uskuteční celkem tři nárazy. Z těchto tří nárazů se zaznamená průměrná hodnota deformace při druhém a třetím nárazu. Jestliže se další zkoušky provádějí na stejném vzorku, musí být každá zkouška prováděna na novém místě tak, aby místa zkoušky byla od sebe vždy vzdálena více než 100 mm.

## Vyjádření výsledku

Vertikální deformace,  $D$ , se vypočítá z následující rovnice.

$$D = \left( \frac{1500 \text{ N}}{F_{\max}} \right) * f_{\max} \quad (3)$$

$f_{\max}$  je největší deformace sportovní podlahy v ose padajícího závaží, vyjádřená v milimetrech (zaznamenané maximum z hodnot získaných v každém časovém okamžiku);

$F_{\max}$  největší síla (maximální hodnota), vyjádřená v newtonech (N).

Dále se vypočte vertikální deformace z jednoho zkušebního místa jako průměr z výsledků vertikálních deformací z posledních dvou nárazů, pokud není určeno jinak a zaznamenaná se výsledek zaokrouhlený na nejbližší 0,1 mm.

## 4.6 Stanovení chování míče při valení

Metoda stanovení chování míče při valení je vypracována dle ČSN EN 12234.

### Princip zkoušky

Po umístění míče na testovací rampu se nechá skutálet z rampy na testovací povrch. U míče je buď měřena vzdálenost, kterou míč urazí, anebo změna rychlosti míče na testovaném povrchu. [14]

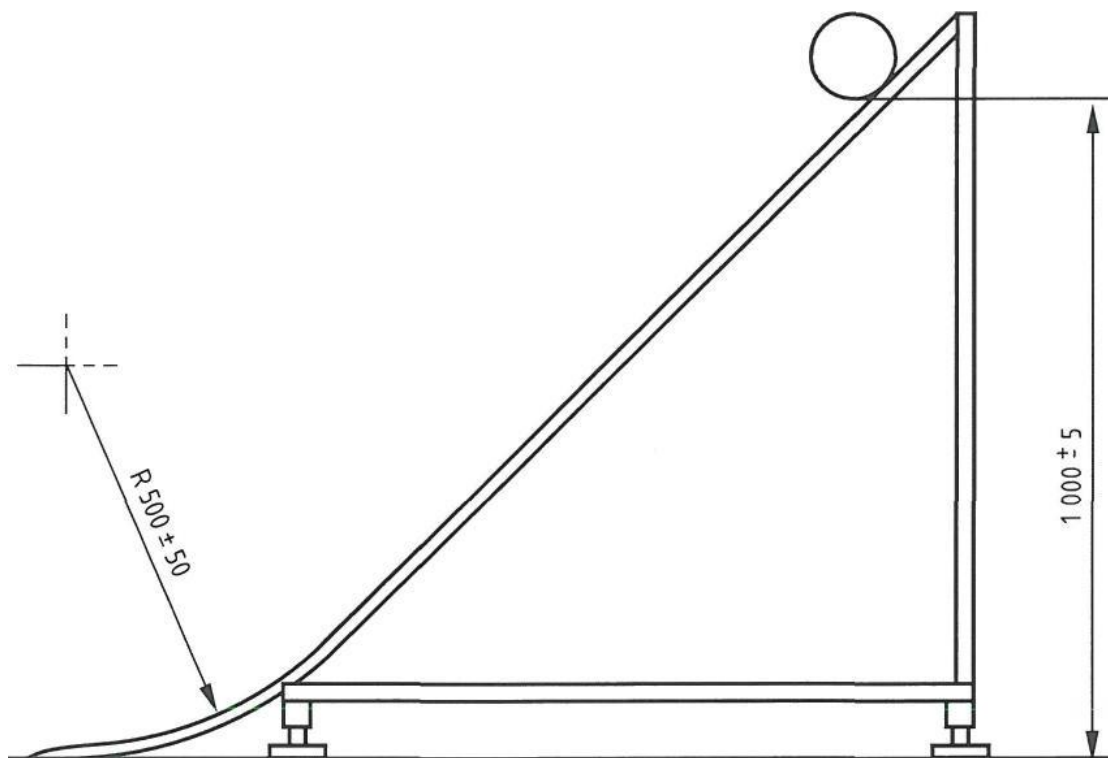
### Zkušební zařízení

#### *Míč*

- a) míč musí být nahuštěn na tlak  $0,9 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$
- b) hmotnost míče  $1475 \text{ g} \pm 2,5 \text{ g}$
- c) průměr míče  $125 \pm 5 \text{ mm}$

### ***Testovací rampa***

Konstrukce testovací rampy se skládá z dvou rovnoběžně jdoucích, hladkých tyčí, které jsou připojeny k pevnému rámu celé konstrukce. Schéma a rozměry testovací rampy jsou uvedeny na obrázku č. 5. V příloze č. 6 je uvedena fotografie zařízení.



Obrázek 5 - boční pohled testovací rampy [14]

## 5 TESTOVANÉ MATERIÁLY

V této kapitole jsou pro přehlednost uvedeny veškeré testované materiály a vzorky. Testován bude trávník 3. generace Champion a trávník 4. generace Active. Na těchto trávnicích budou v experimentální části zjišťovány hodnoty polních testů dle příslušných norem testů Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Dále jsou v této kapitole uvedeny dvě složky zásypu, kterými se zasypává trávník Champion 3. generace. Jedná se o granulát firmy Ekotrend Ludky s.r.o. a o křemičitý písek firmy Sklopísek Střeleč, a.s. V poslední části této kapitoly jsou uvedeny podkladové tkaniny firmy Tencate. Na těchto podkladových tkaninách budou prováděny testy na zjištění prodloužení, tažnosti, modulu pružnosti a pevnosti. Tyto vzorky budou podrobeny testování v teplotní komoře.

### 5.1 Trávník 3. generace – CHAMPION 60/140

Trávník Champion je klasickým trávníkem 3. generace. Konstrukce trávníku je tvořena polypropylenovou podkladovou tkaninou v plátňové vazbě, do níž je za pomoci všivacího stroje všit vlas trávniku. Vlas trávniku je tvořen monofily. Jedná se o monofily čočkovitého průřezu.



Obrázek 6 – boční pohled na vzorek trávniku Champion 60/140

Na obrázku č. 6 je znázorněna fotografie trávniku Champion. Na fotografii je vidět sdružení osmi monofilů u každého vpichu. Vlas trávniku je dlouhý 60 mm.

Tabulka 2 – technické informace k trávniku Champion [15]

Vlas:	PE monofil, nízko-hustotní polyetylen, čočkovitý průřez monofilu
Podkladová textilie:	100% PP
Zátěr:	SBR Latex
Dělení:	3/4“
Barva:	dvoubarevná zelená

V tabulce č. 2 jsou uvedeny informace k materiálovému složení vlasu trávniku Champion 60/140, podkladové textilie a zátěru, kterým je vlas ukotven k podkladové textili. Dále je zde uvedeno dělení všivacích jehel všivacího stroje a barva vlasu.

V tabulce č. 3 jsou uvedeny základní technické parametry trávniku 3. generace Champion 60/140. Dále jsou zde uvedeny informace popisující konstrukci trávniku Champion 60/140. Hodnota jemnosti vlasu je vyjádřena jako celková jemnost sdružených osmi monofilamentů.

Tabulka 3 – základní technické parametry trávniku Champion [15]

<u>Vlastnosti</u>	<u>Jednotky</u>	<u>Typická hodnota</u>	<u>Tolerance</u>
Jemnost vlasu	[dtex]	18000/8	± 5%
Šířka vlasu	[mm]	1	± 10%
Tloušťka vlasu	[μm]	275	± 10%
Plošná hmotnost	[g/ m <sup>2</sup> ]	1739	± 10%
Počet stehů na 10cm	[-/ 10 cm]	14	± 1%
Počet vpichů / m <sup>2</sup>	[-/m <sup>2</sup> ]	7349	± 5%
Počet konců / m <sup>2</sup>	[-/m <sup>2</sup> ]	117584	± 5%
Výška vlasu	[mm]	60	± 10%
Plošná hmotnost podkl.	[g/ m <sup>2</sup> ]	254	± 10%
Plošná hmotnost zátěru	[g/ m <sup>2</sup> ]	950	± 10%
Celková plošná hmotnost	[g/ m <sup>2</sup> ]	2.943	± 10%
Pevnost ukotvení vlasu	[N]	>30	
UV stabilita ( QUV – lamp A)	[h]	3000	
Stálobarevnost – šedá stupnice	Stupeň	≥ 4	
Stand. šířka role	[m]	4,04	± 0,02

Data v této tabulce byla získána z technického listu firmy Juta, a.s. trávniku 3. generace Champion 60/140.

### **Zásyp trávniku**

V této podkapitole jsou uvedeny jednotlivé typy zásypu, kterým je trávník 3. generace zasypán. Travníky 3. generace je třeba při jejich instalaci opatřit zásypem,



který dodá povrchu takové vlastnosti, že splňuje podmínky Mezinárodní federace FIFA. Trávník je zasypán vždy vrstvou křemičitého písku a na ní je další vrstva umělého granulátu.

### Křemičitý písek

Firma Juta, a.s. využívá technický písek firmy Sklopísek Střeleč, a.s. se sídlem v Újezdu pod Troskami. Jedná se o upravenou přírodní surovinu. Tento křemičitý technický písek nese označení ST 06/12. [16] Technický písek slouží jako první vrstva infillu, na kterou se dále ukládá jeden z granulátů.

Tabulka 4 – střední hodnota velikosti zrn křemičitého písku a jeho hustota

Střední velikost zrna [mm]	0,96
Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	2650

V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty střední velikosti zrna křemičitého písku a hustota křemičitého písku, který je využíván k zásypu trávníku 3. generace. [16]

### Granulát EPDM – Ekotrend Ludky s.r.o.

Granulát EPDM (Ethylen propylen diene monomer), je typ granulátu, který se nevyrábí recyklací pneumatik, jako SBR granulát firmy Genan GmbH. EPDM granulát je vyráběn z materiálu, který je vyráběn primárně za účelem výroby tohoto granulátu. Proto je tento granulát také dražší než SBR granulát. Firma Ekotrend Ludky s.r.o. vyrábí granulát EPDM recyklací, avšak z produktu, který je čistý bez jakýchkoliv příměsí. Ten nakupuje od firmy Saar Gummi Czech s.r.o. jako odpad z výroby. Tato gumárenská firma se sídlem v Červeném Kostelci se zabývá výrobou dílů pro automobilový průmysl, především pro koncern VW. Jedná se o těsnicí systémy, kterými jsou opatřeny pohyblivé části automobilů. Především to jsou těsnění dveří a mnoho dalších těsnicích prvků pro výrobu aut. Z obrázku č. 7 je patrná černá barva granulátu a velikost jednotlivých zrn granulátu.



Obrázek 7 – granulát EPDM firmy Ekotrend Ludky s.r.o.

### ***Technologie výroby***

Na začátku výrobního procesu je odpadový materiál firmy Saar Gummi Czech s.r.o. Ten se zpracovává v první části předdrcením, následně samotným drcením, regranulací, oséváním a v poslední fázi se EPDM granulát suší. Na obrázku č. 7 je uveden finální výrobek.

- |                  |   |                        |
|------------------|---|------------------------|
| a) Předdrtiče    | – | značka Vecoplan, Weina |
| b) Drtiče        | – | Alpine, Zerma, Herbold |
| c) Osévací linka | – | osévací linky Allgaier |

## **5.2 Trávník 4. generace – ACTIVE**

Trávník Active je prvním trávníkem 4. generace, který firma Juta, a.s. vyvinula a uvedla na trh. Trávník aktiv je tvořen podkladovou tkaninou v plátnové vazbě, utkanou z polypropylenových pásků. Podkladová tkanina je totožná s podkladovou tkaninou u trávníku Champion 3. generace. Vlas trávníku Active je na rozdíl od trávníku Champion tvořen dvěma typy monofilů. První typ vlasu je monofil o čokovitém průřezu. Druhý typ vlasu je tvořen texturovaným monofilem.



Obrázek 8 - boční pohled na vzorek trávniku Active

Na obrázku č. 8 je znázorněn boční pohled na trávník Active. Z obrázku je patrné, že vlas umělého trávniku Active je tvořen nejen rovnými monofily, ale také kratšími monofily, které jsou našaseny technologickou úpravou texturováním.

Tabulka 5 - technické informace k trávniku Active [17]

Vlas:	PE monofil (čočkovitý průřez), nízko-hustotní polyetylen, PE monofil (napřímený, texturovaný)
Podkladová textilie:	100% PP
Zátěr:	SBR Latex
Dělení:	3/8“
Barva:	dvoubarevná zelená

V tabulce č. 5 jsou uvedeny informace k materiálovému složení vlasu trávniku Active, podkladové textilie a zátěru, kterým je vlas ukotven k podkladové textili. Dále je zde uvedeno dělení všivacích jehel všivacího stroje a barva vlasu.

V tabulce č. 6 jsou uvedeny základní technické parametry trávniku Active. Jsou zde uvedeny jak informace popisující konstrukci trávniku, tak jeho základní parametry.

Tabulka 6 - základní technické parametry trávniku Active [17]

<u>Vlastnosti</u>	<u>Jednotky</u>	<u>Typická hodnota</u>	<u>Tolerance</u>
Jemnost vlasu	[dtex]	19500/8	± 5%
Šířka vlasu	[mm]	1,1	± 10%
Tloušťka vlasu	[μm]	300	± 10%
Plošná hmotnost	[g/ m <sup>2</sup> ]	2919	± 10%
Počet stehů na 10cm	[-/ 10 cm]	20	± 1%
Počet vpichů / m <sup>2</sup>	[-/m <sup>2</sup> ]	20997	± 5%
Počet konců / m <sup>2</sup>	[-/m <sup>2</sup> ]	503928	± 5%
Výška vlasu	[mm]	32	± 10%
Plošná hmotnost podkl. textilie	[g/ m <sup>2</sup> ]	254	± 10%
Plošná hmotnost zátěru	[g/ m <sup>2</sup> ]	950	± 10%
Celková plošná hmotnost	[g/ m <sup>2</sup> ]	4123	± 10%
Pevnost ukotvení vlasu	[N]	>30	
UV stabilita ( QUV – lamp A)	[h]	3000	
Stálobarevnost – šedá stupnice	Stupeň	≥ 4	
Stand. šířka role	[m]	4,02	± 0,02

Data v této tabulce byla získána z technického listu firmy Juta, a.s. trávniku 4. generace Active.

### 5.3 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer

Podkladovou tkaninu holandské firmy Tencate firma Juta, a.s. kupuje a dále ji využívá k výrobě umělých trávníků 4. generace určených pro fotbal. Tento typ

podkladové tkaniny je použit i v konstrukci trávníku 3. generace Champion 60/140. Na této podkladové tkanině budou měřeny hodnoty tažnosti, dále bude podrobena testování v teplotní komoře, kde bude zkoumána hypotéza o zvlnění této podkladové tkaniny vlivem teplotního zatížení.

Tabulka 7 – základní technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer

DOSTAVA ÚTKU:	51/10 cm
DOSTAVA OSNOVY:	60/10 cm
PLOŠNÁ HMOTNOST:	270 g/m <sup>2</sup>
PLOŠNÁ HM. VČETNĚ ZÁTĚRU:	600 g/m <sup>2</sup>

V tabulce č. 7 jsou uvedeny základní parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer. Parametry podkladové tkaniny byly přeměřeny a srovnány s technickými listy této podkladové tkaniny.

## 5.4 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced

Tato podkladová tkanina byla navržena k testování, aby bylo zjištěno, zda použití této podkladové tkaniny vyřeší stávající problém s podkladovou tkaninou Tencate Thiobac Multi Layer, jejíž konstrukci tvoří polypropylenová tkanina v plátňové vazbě. Konstrukci podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced tvoří taktéž polypropylenová tkanina v plátňové vazbě, zároveň je tato tkanina na rubové straně zpevněna tkaninou v perlinkové vazbě ze skleněných monofilů. Ta by měla zajistit rozměrovou stabilitu a měla by tak vyřešit stávající problém s vlněním podkladové tkaniny předchozího typu.

Tabulka 8 – základní technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced

DOSTAVA ÚTKU:	63 / 10 cm
DOSTAVA OSNOVY:	60 / 10 cm
PLOŠNÁ HMOTNOST:	303 g/m <sup>2</sup>
PLOŠNÁ HM. VČETNĚ ZÁTĚRU:	904g/m <sup>2</sup>

V tabulce č. 8 jsou uvedeny základní technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced. Parametry podkladové tkaniny byly přeměřeny a srovnány s technickými listy této podkladové tkaniny.

## 6 REOLOGIE

Reologie je vědní obor, který se zabývá deformací hmoty a nalezením vztahů mezi napětím, deformací a rychlostí deformace pro různé druhy materiálů. V roce 1926 byla založena ve Spojených státech amerických americká reologická společnost, jejímž zakladatelem byl profesor a vedoucí katedry na Lafayettově univerzitě Eugene Cook Bingham.

„Podle mechanických vlastností materiálů kvalitativně rozlišujeme tři základní skupenství: plynné, kapalné a pevné. Nevazký ideální plyn, nestlačitelná vazká (newtonská) kapalina a izotropní pružné (hookovské) těleso představují nejjednodušší matematické popisy jejich mechanických vlastností, tzv. konstitutivní modely“ [18]. „Každý ze tří zmíněných konstitutivních modelů byl ve své době pokládán za dostatečně univerzální základ popisu relevantní třídy jevů. Každý z nich během času postoupil své místo komplikovanějším konstitutivním představám, studovaných dnes v rámci interdisciplinárního oboru na pomezí mechaniky a fyzikální chemie, zvaného reologie“ [19]. „Zásadní impulz pro rychlý rozvoj reologie v druhé polovině dvacátého století přišel s hromadným použitím pevných i kapalných polymerních systémů“ [18]. V této diplomové práci souvisí problematika reologie s řešeným problémem zvlnění trávníku, a především podkladových tkanin, u kterých vlivem vysokých denních teplot na přímém slunečním svitu dochází ke zvlnění.

### 6.1 Reologie polymerních materiálů

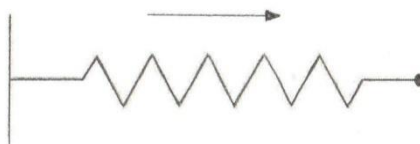
Znalost takových vlastností polymerních materiálů je důležitou součástí při výrobě surovin a následném zpracování těchto materiálů. Tavenina termoplastů se chová viskózně jako kapalina, ale zároveň se tavenina chová jako pružná látka. Z tohoto důvodu jsou taveniny polymerních materiálů označovány jako viskoelastické.

#### Hookův zákon

Hookův zákon popisuje pružnou deformaci materiálu působením síly za předpokladu malých sil a malých deformací, které po odlehčení zmizí.

$$\sigma = E \cdot \gamma \quad (4)$$

Součin hodnoty modulu pružnosti  $E$  a deformace  $\gamma$  se rovná napětí  $\sigma$ . Dokonale pružné těleso je znázorněno na obrázku č. 9, který představuje model dokonale elastické pružiny.



Obrázek 9 – Model dokonale elastické pružiny

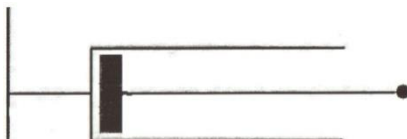
Pružnost těles je schopnost tělesa reagovat při zastavení působení napětí vratně do původního stavu. Při působení napětí na pružinu se dostaví deformace, která se po uvolnění napětí nezávisle na čase vrátí do svého původního stavu. „K popisu deformačního chování stačí jediná materiálová konstanta, modul pružnosti, který nezávisí ani na velikosti deformace ani na době jejího trvání. Modul pružnosti závisí na teplotě“ [20].

### **Newtonův zákon viskozity**

Tekoucí složka polymerních materiálů je vyjádřena Newtonovým zákonem. „Viskozita je definována jako konstanta úměrnosti mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí.“ „Při působení konstantního smykového napětí kapaliny tečou a jejich smyková deformace s časem lineárně roste“ [21]. Z toho vyplývá, že deformace viskózní složky je lineárně závislá na čase.

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt} \quad (5)$$

Tato rovnice představuje Newtonův zákon viskozity. Z toho plyne, že dynamická viskozita je rovna podílu smykového napětí a rychlostního gradientu. Ideální tokové vlastnosti představuje model pístu na obrázku č. 10.

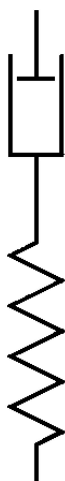


Obrázek 10 - Model pístu s ideálními tokovými vlastnostmi

Model pístu s ideálními tokovými vlastnostmi znázorňuje válec s netěsným pístek a kapalinu o viskozitě  $\eta$ , ve které se píst pohybuje. [20] V momentě zastavení působení napětí, zůstává deformovaný stav zachován a nevrací se do původního stavu.

### Maxwellův model

Maxwellův model představuje sériové zapojení modelů dokonale elastické pružiny z Hookova zákona a modelu pístu s ideálními tokovými vlastnostmi z Newtonova zákona viskozity.



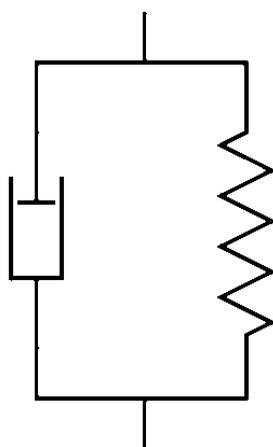
Obrázek 11 – model dokonale elastické pružiny

Na obrázku č. 11 je znázorněn Maxwellův model – dokonale elastická pružina. Při působení napětí se u Maxwellova modelu okamžitě dostaví deformace. Toková složka z důvodu omezení viskozity reaguje se zpožděním. Na základě toho dojde k pohybu pístu, který absorbuje částečně napětí z pružiny. Na základě snížení napětí dojde k relaxaci materiálu. Pružina představující elastickou složku materiálu se dostane do původního stavu, avšak viskózní zůstává stále zdeformovaná.



## Kelvinův model

Kelvinův model znázorňuje paralelní zapojení viskózní a elastické složky. Kelvinův model popisuje situaci, kdy u polymerních materiálů nastává tečení. U Kelvinova modelu se změny deformace projevují při působení konstantního napětí. Při působení napětím na Kelvinův model, dojde ke zpožděné reakci elastické složky, protože je brzděna viskózní složkou. Kelvinův model je uveden na obrázku č. 12



Obrázek 12 – Kelvinův model

V okamžiku zastavení působení napětí na Kelvinův model, dochází ke zpětnému tečení. Elastická složka, kterou představuje pružina, má tendenci se vrátit do původního stavu. Elastická složka je však brzděna viskózní složkou. Deformace se dostavuje později a hodnota tohoto zpoždění je přímo úměrná viskozitě. „Deformace Kelvinova modelu se po uvolnění napětí s časem zmenšuje podle exponenciální závislosti a po nekonečně dlouhé době vymizí úplně“ [20].

Reálnou textilií simuluje kombinace Kelvinova a Maxwellova modelu. Tato teorie souvisí s problematikou podkladové tkaniny. V Experimentální části bude řešen problém zvlnění podkladových tkanin vlivem změny teplot, na přímém slunečním svitu.

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části jsou řešeny dvě problematiky fotbalových trávníků firmy Juta, a.s. V první části budou srovnány trávníky Champion a Active dle polních, mechanicko-fyzikálních testů norem Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Kritéria, kterých bylo nutné dosáhnout u testování jednotlivých trávníků, byla stanovena dle dokumentu The FIFA Quality Concept Handbook of Requirements, vydaného v lednu roku 2012. Tento dokument Fédération Internationale de Football Association (Mezinárodní fotbalové federace) stanovuje požadavky, kterých musí být dosaženo v testování umělého povrchu (viz tabulka č. 9). U obou testovaných trávníků byly zjišťovány hodnoty odskoku míče, absorpce nárazu, vertikální deformace, chování míče při valení, simulované opotřebení a odolnost vůči rotaci.

V druhé části je řešen problém týkající se vlastností a chování povrchu samotného hřiště. U 4. generace umělých trávníků vznikl problém, kdy se povrch hřiště začal vlnit vlivem změn denních teplot. Při vysokých denních teplotách se vlivem roztažnosti podkladové tkaniny, do které je vsít vlas trávníku, začal povrch krabatit a vlnit, což je nežádoucí. U 3. generace trávníku nedocházelo k tomuto jevu, protože samotný trávník je zasypán vrstvou písku a granulátu. Plocha 1 m<sup>2</sup> u trávníku 3. generace je zasypána 13 kg křemičitého písku a 7 kg granulátu. Toto značné váhové množství zajišťuje trávníkům 3. generace dostatečné zatížení a tím pádem rozměrovou a tvarovou stabilitu.

Proto bylo navrženo použití nové podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced, která by díky své konstrukci, tvořené mimo jiné perlinkovou tkaninou utkanou ze skleněných monofilů, měla zajistit rozměrovou a tvarovou stabilitu trávníku a odolat teplotnímu zatížení, kterému je trávník při vysokých teplotách vystavován. Ověření této hypotézy bude podrobeno testování tažnosti obou typů podkladových tkanin a jejich celkového porovnání. Dalším testem, který ověří tuto hypotézu, bude testování v teplotní komoře, kde budou nasimulovány podmínky, při kterých se projeví, zda se daný typ podkladové tkaniny vlivem teploty zvlní nebo zda tkanina bude rozměrově a tvarově stálá.

## 8 MĚŘENÍ MECHANICKO-FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ POVRCHU TRÁVNÍKŮ

V této části budou vyhodnoceny jednotlivé testy, kterým budou podrobeny trávníky. Testován bude trávník 3. generace Champion a trávník 4. generace Active. Testována bude výška odrazu míče, která vypovídá o chování míče při jeho skákání po povrchu. Odpor, který klade povrch trávníku míči, je stanoven testováním chování míče při valení. Absorpci nárazu se stanoví hodnota síly, kterou je povrch schopen absorbovat. Testování obou typů trávníku bylo provedeno proto, aby ve výsledném porovnání trávníku Champion 60/140 a trávníku Active bylo vyjádřeno stanovisko ke kvalitě povrchu trávníků a vyšlo z testování ucelené, komplexní hodnocení povrchů.

### 8.1 Požadavky Mezinárodní fotbalové federace FIFA

Tabulka 9 - Požadavky Mezinárodní fotbalové federace pro testování [30]

Test	Testovací metoda	Podmínky testování			Požadavky	
		Úprava	Teplota	Stav	FIFA Dvě Hvězdy	FIFA Jedna Hvězda
Výška odrazu míče	FIFA 01 & FIFA 09	Před zátěží	23°C	Suchý	0.60m - 0.85m	0.60m - 1.0m
		Simulované zatížení - 5.200 cyklů		Mokrý		
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	0.60m - 0.85m	N/A
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	N/A	0.60m - 1.0m
Chování míče při valení	FIFA 03	Před zátěží	23°C	Suchý	4m - 8m	4m - 10m
				Mokrý		
Absorpce nárazu	FIFA 04a & FIFA 09	Před zátěží	23°C	Suchý	60% - 70%	55% - 70%
		Simulované zatížení - 5.200 cyklů		Mokrý		
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	60% - 70%	N/A
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	N/A	55% - 70%
	FIFA 04a 1 <sup>st</sup> Impact	Před zátěží	40°C	Suchý	60% - 70%	55% - 70%
Vertikální deformace	FIFA 05a & FIFA 09	Před zátěží	23°C	Suchý	4mm - 10mm	4mm - 11mm
		Před zátěží		Mokrý		
		Simulované zatížení - 5.200 cyklů		Suchý	4mm - 10mm	N/A
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	N/A	4mm - 11mm
Odpor proti rotačnímu pohybu	FIFA 06 & FIFA 09	Před zátěží	23°C	Suchý	30Nm - 45Nm	25Nm - 50Nm
				Mokrý		
		Simulované zatížení - 5.200 cyklů		Suchý	30Nm - 45Nm	N/A
		Simulované zatížení - 20.200 cyklů		Suchý	N/A	25Nm - 50Nm

## **8.2 Testování trávníku 3. generace – CHAMPION 60/140**

Trávník 3. generace Champion 60/140 byl testován dle norem Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Každý test byl proveden na suchém i na mokrému vzorku trávníku. Dále byl test proveden vždy na novém vzorku trávníku a na vzorcích, na kterých bylo pomocí simulovaného opotřebení nasimulováno několikaleté používání trávníku. Pro reálnou představu poměr cyklů a času používání fotbalového hřiště za běžných podmínek odpovídá v případě 20.200 cyklů užívání hřiště po dobu 10 let – cca. 45 hodin týdně.

## Výsledky testů mechanicko-fyzikálních vlastností

Tabulka 10 - výsledky mechanicko – fyzikálních testů [22]

ABSORPCE NÁRAZU	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	66.4	55-70 %	prošel
		Mokro	64.9		
	Po simulovaném opotřebení	5200 cyklů	60.8		prošel
		20200 cyklů	60.6		
	Teplota	40 °C	64.4		prošel
		-5 °C	67		
ODPOR PROTI ROTAČNÍMU POHYBU	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	37	25-50 Nm	prošel
		Mokro	34		
	Po simulovaném opotřebení	5200 cyklů	39		prošel
		20200 cyklů	37		
VÝŠKA ODRAZU MÍČE	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	0.83	0.6 – 0.85 m	prošel
		Mokro	0.76		
	Po simulovaném opotřebení	5200 cyklů	0.83		prošel
		20200 cyklů	0.95		
CHOVÁNÍ MÍČE PŘI VALENÍ	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Sucho		7.8	4 – 10 m	prošel
	Mokro		7.6		
VERTIKÁLNÍ DEFORMACE	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	10.0	4 – 10 mm	prošel
		Mokro	10.0		
	Po simulovaném opotřebení	5200 cyklů	8.0		prošel
		20200 cyklů	8.0		

Testování trávniku Champion 40/160 bylo měřeno ve Francii v laboratoři LABOSPORT. Testování bylo koncipováno dle norem Mezinárodní federace FIFA viz tabulka č. 9. Trávnik Champion 60/140 při provedení každého polního testu splnil požadavky Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Testy splnil jak na testovaných nových vzorcích za sucha i za mokra, tak na vzorcích, které byly podrobeny simulovanému opotřebení, které odpovídá opotřebení při používání povrchu 2,5 roku a 10 let.

### **8.3 Testování trávniku 4. generace – ACTIVE**

Testování probíhalo v prostorách zkušební laboratoře firmy Juta, a.s. Testy však nebylo možné provést přesně dle norem Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Trávnik byl testován pouze na novém vzorku trávniku Active za sucha. Vzorky, na kterých bylo nasimulováno opotřebení zatěžováním, nebyly k testování k dispozici. Testování v prostorách zkušební laboratoře Juta, a.s. slouží v případě polních testů pouze k orientačnímu zjištění, zda trávnik vyhovuje normě Mezinárodní fotbalové federace FIFA. V případě dosažení požadovaných parametrů je trávnik odeslán k testování do akreditované laboratoře. Výsledky testování jsou uvedeny v tabulce č. 12.

## Výsledky testů mechanicko-fyzikálních vlastností

Tabulka 11 – výsledky mechanicko – fyzikálních testů

ABSORPCE NÁRAZU	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	70	55-70%	prošel
ODPOR PROTI ROTAČNÍM U POHYBU	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	30	25-50 Nm	prošel
VÝŠKA ODRAZU MÍČE	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	0,81	0.6 – 0.85 m	prošel
CHOVÁNÍ MÍČE PŘI VALENÍ	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Mokro		15	4 – 10 m	neprošel
VERTIKÁLNÍ DEFORMACE	Podmínky		Výsledek	Norma	Rozhodnutí
	Nový Trávník	Sucho	10	4 - 10 mm	prošel

Výsledné testování dopadlo dobře pro tři testovaná kritéria. Trávník 4. generace Active splnil požadavky na absorpci nárazu, odporu proti rotačnímu pohybu, výšku

odrazu míče a vertikální deformaci. Normu chování míče při valení trávnick Active nesplnil. Požadavek normy 4 – 10 metrů valení míče trávnick Active nesplnil. Průměrně bylo dosaženo hodnoty 15 metrů, což normě nevyhovuje. Tento fakt je však způsoben tím, že měření bylo provedeno na zkušebním hřišti, které Juta, a.s. vybudovala před dvěma lety a povrch hřiště nebyl pravidelně udržován. Údržba byla zanedbána především v pročesávání vlasu. Tím pádem vlas při používání po dobu dvou let nebyl v napřímené poloze, jak tomu bývá u udržovaného povrchu fotbalového hřiště. Tento fakt měl za následek, že ležící vlas nebránil valení míče a nedocházelo k brzdění volně spuštěného míče z testovací rampy. V případě zanedbání údržby by s největší pravděpodobností míč normu splnil. Obrázky z testování umělého trávnicku 4. generace Active uvedeny v příloze č. 7.



## 9 MĚŘENÍ TAŽNOSTI PODKLADOVÝCH TKANIN

Na základě vzniklého problému s nadměrnou tažností stávající podkladové tkaniny, do které je vsíván vlas trávníku, bylo nutno nalézt substitut této podkladové tkaniny. V současné době je vsíváno do podkladové tkaniny, kterou tvoří tkanina v plátňové vazbě a tenká vrstva netkané textilie. Další tkaninou, která byla podrobena testování a následnému srovnání, je tkanina, kterou tvoří opět polypropylenová plátňová tkanina, ale je zároveň na její rubové straně opatřena perlinkou z monofilů. Tkanina je rovněž opatřena tenkou vrstvou netkané textilie z polypropylenu. Měření probíhalo na trhacím zařízení Testometric M350-5 CT v laboratořích Technické univerzity v Liberci na katedře textilních technologií. Upínací délka vzorku byla 200 mm a rychlost trhání 100 mm/min. Měřeny byly oba dva typy tkanin před a po zatření latexem.

### 9.1 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer

Podkladovou tkaninu holandské firmy Tencate firma Juta, a.s. kupuje a dále ji využívá k výrobě umělých trávníků 4. generace určené pro fotbal. Tkaninu tvoří polypropylenové plátno a tenká vrstva netkané textilie. Celá konstrukce je spojena dohromady technologií vpichováním.

#### Technické parametry

Technické parametry tkaniny byly přeměřeny na Katedře textilních technologií a bylo zjištěno, že odpovídají technickému listu firmy Tencate. Na tkanině byla zjišťována dostava tkaniny, útek tkaniny a plošná hmotnost. Hodnoty dostavy a útku byly zjištěny přepočítáním za pomoci lupy a jehly. Plošná hmotnost byla přeměřena vystřížením deseti vzorků z obou zkoumaných tkanin o ploše 100 cm<sup>2</sup>. Technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer jsou uvedeny v tabulce č. 7.

#### 9.1.1 Měření pevnosti a tažnosti po osnově

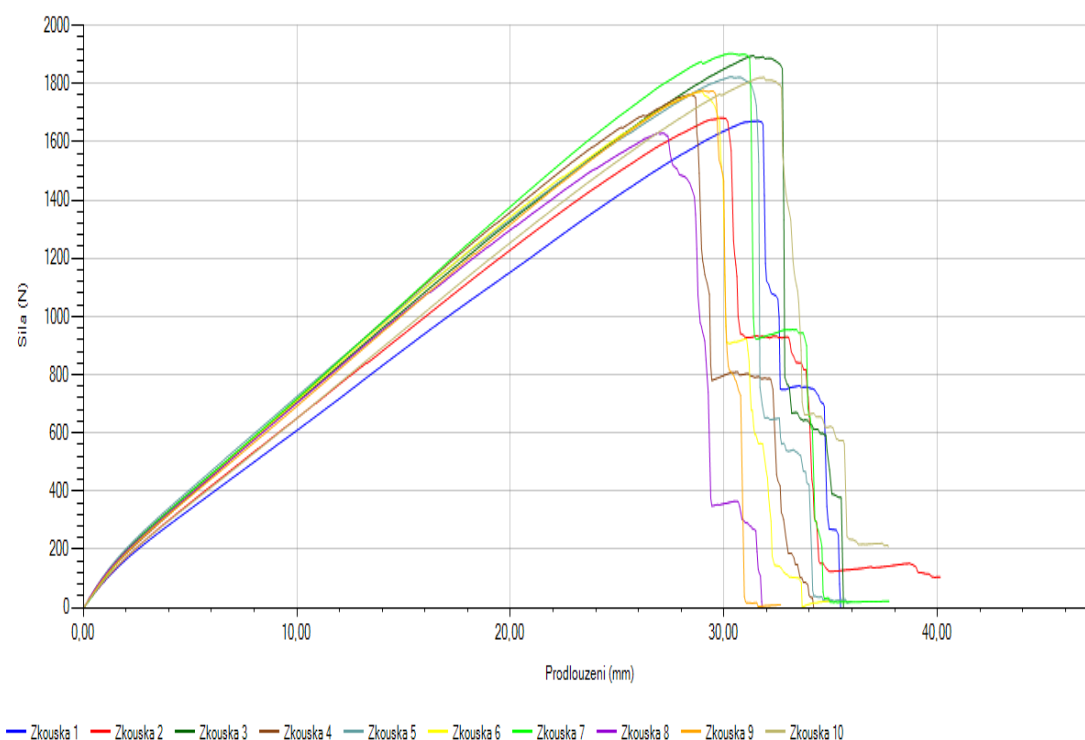
Měření probíhalo na vzorcích podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer, která byla z rubové strany opatřena SBR latexem pro vyšší vypovídající hodnotu měření a

také proto, že se podkladová tkanina v kombinaci s latexem chovala jako kompozit. Vzorky byly vystřiženy dle normy upravující výběr vzorků při testování přetrhu. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 13.

Tabulka 12 – výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po osnově

<b>Zkouška č.</b>	<b>Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)</b>	<b>Tažnost při přetrhu (%)</b>	<b>Nejvyšší pevnost (N)</b>	<b>Modul tuhosti 0,000 do 0,050 % (N/mm)</b>
1	31,570	15,785	1671,800	330,800
2	29,862	14,931	1682,500	304,004
3	31,386	15,693	1896,400	365,018
4	28,413	14,207	1762,800	403,511
5	30,292	15,146	1823,500	404,830
6	28,941	14,471	1773,500	391,152
7	30,345	15,173	1902,700	294,526
8	26,902	13,451	1631,000	407,022
9	29,024	14,512	1777,400	362,213
10	31,842	15,921	1821,200	319,132
Min	26,902	13,451	1631,000	294,526
Průměr	29,858	14,929	1774,280	358,221
Max	31,842	15,921	1902,700	407,022
S.O.	1,563	0,782	91,667	43,497
V.K.	5,235	5,235	5,166	12,143
D.H.D	28,739	14,370	1708,704	327,104
H.H.D.	30,976	15,488	1839,856	389,338

Z tabulky č. 13 vyplývá, že průměrná naměřená hodnota přetrhu při nejvyšším prodloužení a nejvyšší pevnosti je 29,858 mm. Dále jsou uvedeny v tabulce hodnoty tažnosti nejvyšší pevnosti, které jsou vyjádřeny v %. Zde byla naměřena průměrná hodnota 14,929 %. Průměrná hodnota nejvyšší pevnosti, při které docházelo k přetrhu testovaného vzorku, byla 1774,280 N. Modul tuhosti nabýval průměrné hodnoty 358 N/mm.



Obrázek 13 - graf průběhu přetrhu osnove podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer

Průběh přetrhu je znázorněn grafem na obrázku č. 13, z kterého je patrné, že u testovaných vzorků docházelo k průměrnému přetrhu na hodnotě 29,858 mm. K přetrhu došlo při průměrné síle 1774,280 N.

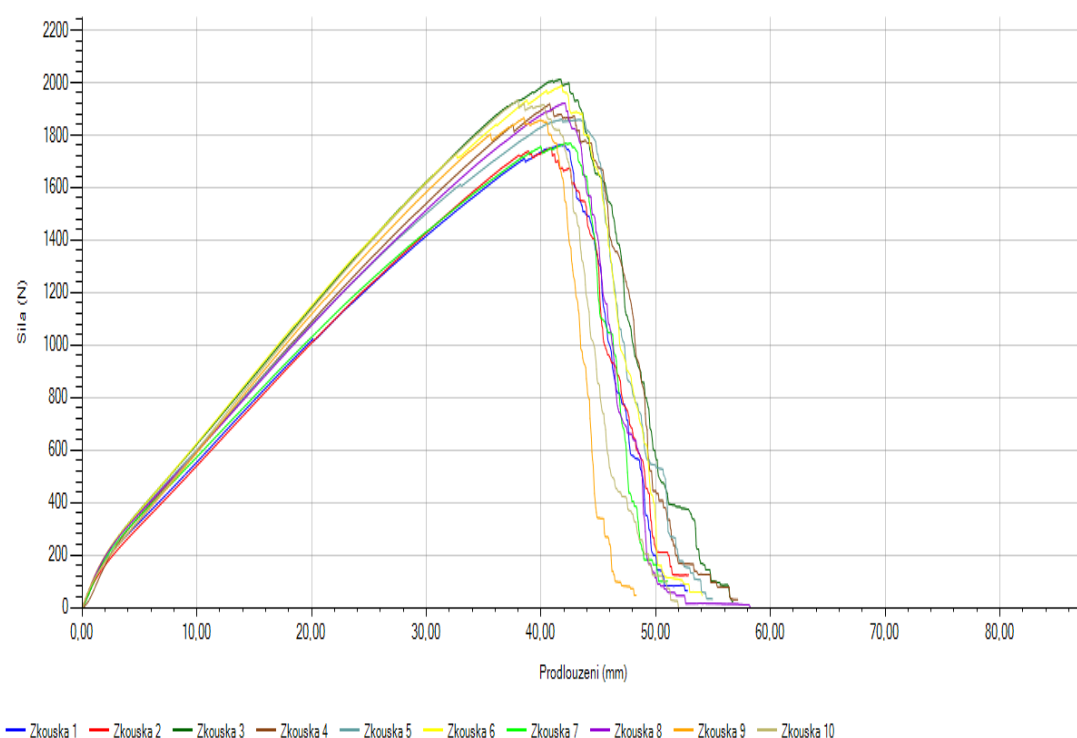
### 9.1.2 Měření pevnosti a tažnosti po útku

Výběr vzorků u podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer ve směru útku probíhalo podle normy upravující přípravu vzorků před trháním. Vzorky byly z rubové strany zatřeny SBR latexem, který se využívá k ukotvení vlasu umělého trávniku v podkladové tkanině. Toto zatření rubové strany bylo provedeno z důvodu vyšší vypovídací hodnoty testování a přiblížení co nejvíce reálným podmínkám. V tabulce č. 14 jsou uvedeny hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti, tažnosti při nejvyšší pevnosti, nejvyšší naměřené pevnosti a modul tuhosti.

Tabulka 13 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po útku

Zkouška č.	Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)	Tažnost při přetrhu (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Modul tuhosti 0,000 do 0,050 % (N/mm)
1	41,713	20,857	1762,800	354,563
2	40,920	20,460	1752,800	313,287
3	41,648	20,824	2011,900	249,505
4	40,766	20,383	1918,800	107,196
5	41,795	20,897	1860,900	352,836
6	41,779	20,890	1987,600	383,215
7	42,116	21,058	1768,800	251,818
8	42,108	21,054	1922,000	373,185
9	38,495	19,247	1864,500	390,111
10	38,004	19,002	1934,300	408,480
Min	38,004	19,002	1752,800	107,196
Průměr	40,934	20,467	1878,440	318,420
Max	42,116	21,058	2011,900	408,480
S.O.	1,487	0,744	93,128	92,355
V.K.	3,633	3,633	4,958	29,004
D.H.D	39,870	19,935	1811,819	252,351
H.H.D.	41,998	20,999	1945,061	384,488

Z tabulky č. 14 vyplývá, že průměrná naměřená hodnota přetrhu u tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer ve směru útku při nejvyšším prodloužení a nejvyšší pevnosti je 40,934mm. Dále jsou uvedeny v tabulce hodnoty tažnosti nejvyšší pevnosti, které jsou vyjádřeny v %. Zde byla naměřena průměrná hodnota 20,467 %. Průměrná hodnota nejvyšší pevnosti, při které docházelo k přetrhu testovaného vzorku, byla 1878,44N. Modul tuhosti nabýval průměrné hodnoty 358 N/mm.



Obrázek 14 - graf průběhu přetrhu útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer

Obrázek č. 14 znázorňuje graf průběh jednotlivých testování při testování přetrhu tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer. U testovaných vzorků docházelo k průměrnému přetrhu při hodnotě 40,934 mm. K přetrhu došlo při průměrné síle 1878,440N.

## **9.2 Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced**

Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced by měla nahradit předchozí starší typ podkladové tkaniny. Podkladovou tkaninu tvoří základní tkanina utkaná z polypropylenových pásků. Další částí konstrukce je perlinková tkanina ze skleněných monofilů. Celkovou konstrukci vzájemně spojuje tenká vrstva netkané textilie, která je na podkladovou tkaninu nanесena metodou vpichováním.

### **Technické parametry**

Technické parametry tkaniny byly přeměřeny na Katedře textilních technologií a bylo zjištěno, že odpovídají technickému listu firmy Tencate. Na tkanině byla zjišťována dostava tkaniny, útek tkaniny a plošná hmotnost. Hodnoty dostavy a útku byly zjištěny přepočítáním za pomoci lupy a jehly. Plošná hmotnost byla přeměřena vystřížením deseti vzorků z obou zkoumaných tkanin o ploše 100 cm<sup>2</sup>. Technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced jsou uvedeny v tabulce č. 8.

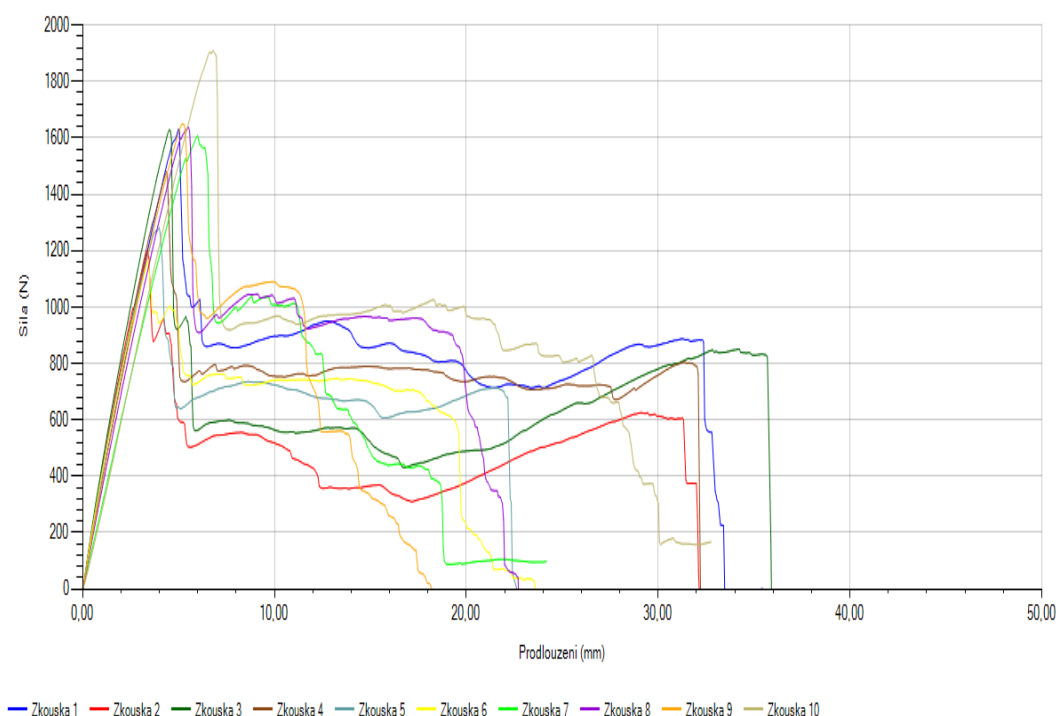
### **9.2.1 Měření pevnosti a tažnosti po osnově**

Vzorky podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced byly připraveny dle normy upravující přípravu vzorků k trhání. Výsledné hodnoty přetrhu ovlivnila odlišná konstrukce od podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer. Nižší hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti ovlivnila především perlinka, která je utkána ze skleněných monofilů.

Tabulka 14 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po osnově

<b>Zkouška č.</b>	<b>Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)</b>	<b>Tažnost při přetrhu (%)</b>	<b>Nejvyšší pevnost (N)</b>	<b>Modul tuhosti 0,000 do 0,050 % (N/mm)</b>
1	4,994	2,497	1630,700	1199,929
2	3,347	1,674	1197,100	1353,029
3	4,515	2,258	1629,100	1388,343
4	4,362	2,181	1479,200	1361,050
5	3,987	1,994	1281,400	1377,381
6	3,454	1,727	1165,400	1331,263
7	5,998	2,999	1607,100	970,255
8	5,517	2,759	1637,400	1109,935
9	5,200	2,600	1649,800	1192,800
10	6,801	3,401	1909,300	725,615
Min	3,347	1,674	1165,400	725,615
Průměr	4,817	2,409	1518,650	1200,960
Max	6,801	3,401	1909,300	1388,343
S.O.	1,106	0,553	236,293	215,896
V.K.	22,953	22,953	15,559	17,977
D.H.D	4,026	2,013	1349,613	1046,514
H.H.D.	5,609	2,804	1687,687	1355,406

V tabulce č. 15 jsou uvedeny naměřené hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti, kde průměrná hodnota byla naměřena 4,817 mm. Tažnosti při nejvyšší pevnosti byla naměřena průměrná hodnota 2,409 %. K přetrhu podkladové tkaniny docházelo při průměrné síle 1518,650 N.



Obrázek 15 - graf průběhu přetrhu osnove podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced

Na obrázku č. 15 je uveden graf průběhu jednotlivých testů přetrhu. Z průběhu testování je patrné, jak docházelo k deformaci testovaného materiálu. Při testování nejdříve praskla perlinková tkanina utkaná ze skleněných monofilů. Průměrná hodnota prodloužení, kdy docházelo k přetrhu, je 4,817 mm. K přetrhu podkladové tkaniny docházelo při průměrné síle 1518,650 N.

## 9.2.2 Měření pevnosti a tažnosti po útku

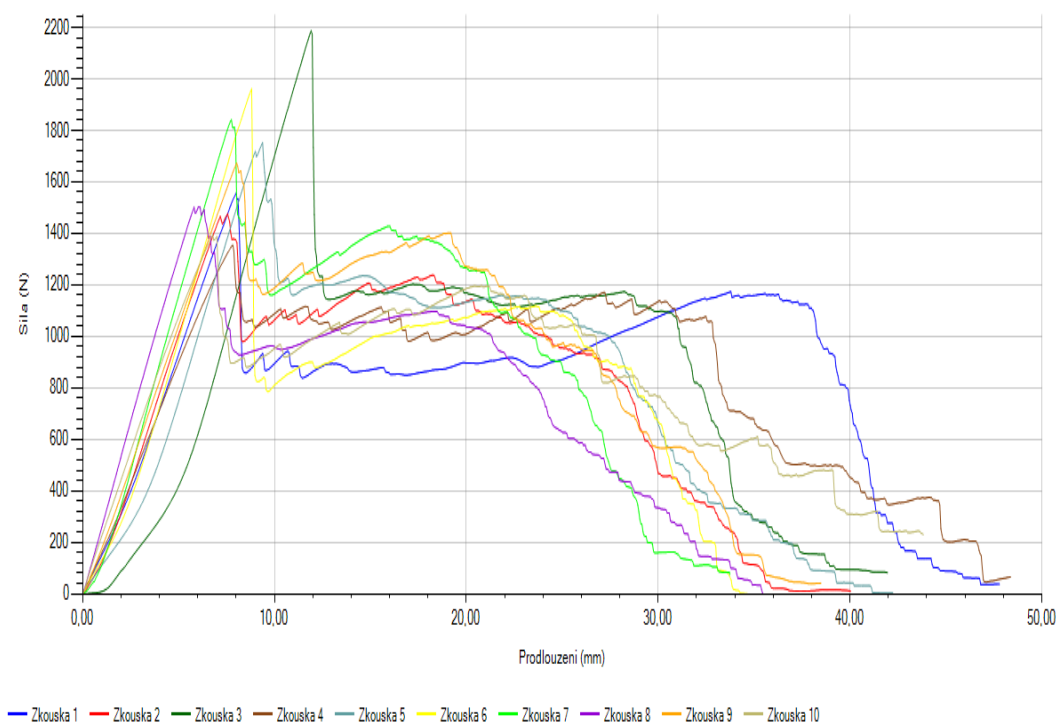
Příprava vzorků podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced probíhala dle normy upravující přípravu vzorků k trhání. Celkem bylo testováno deset vzorků. Výsledné naměřené hodnoty jsou uvedeny níže v tabulce č. 16.



Tabulka 15 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po útku

<b>Zkouška č.</b>	<b>Prodloužení při nejvyšší pevnosti (mm)</b>	<b>Tažnost při přetrhu (%)</b>	<b>Nejvyšší pevnost (N)</b>	<b>Modul tuhosti 0,000 do 0,050 % (N/mm)</b>
1	7,994	3,997	1555,000	570,207
2	7,553	3,777	1475,800	342,240
3	11,906	5,953	2186,300	24,483
4	7,831	3,916	1353,600	526,786
5	9,377	4,689	1752,700	447,407
6	8,807	4,404	1961,200	530,109
7	7,752	3,876	1840,600	171,892
8	6,019	3,010	1502,100	828,350
9	8,029	4,015	1673,000	576,504
10	6,776	3,388	1394,300	784,532
Min	6,019	3,010	1353,600	24,483
Průměr	8,204	4,102	1669,460	480,251
Max	11,906	5,953	2186,300	828,350
S.O.	1,602	0,801	267,200	249,155
V.K.	19,527	19,527	16,005	51,880
D.H.D	7,058	3,529	1478,313	302,013
H.H.D.	9,350	4,675	1860,607	658,489

V tabulce č. 16 jsou uvedeny naměřené hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti, u kterých byla naměřena průměrná hodnota prodloužení 8,204 mm. Průměrná hodnota tažnosti při nejvyšší pevnosti je 4,102 %. K přetrhu docházelo při průměrné pevnosti 1669,460 N. Výsledná průměrná hodnota modulu pevnosti je 480,251 (N/mm).



Obrázek 16 - graf průběhu přetrhu útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced

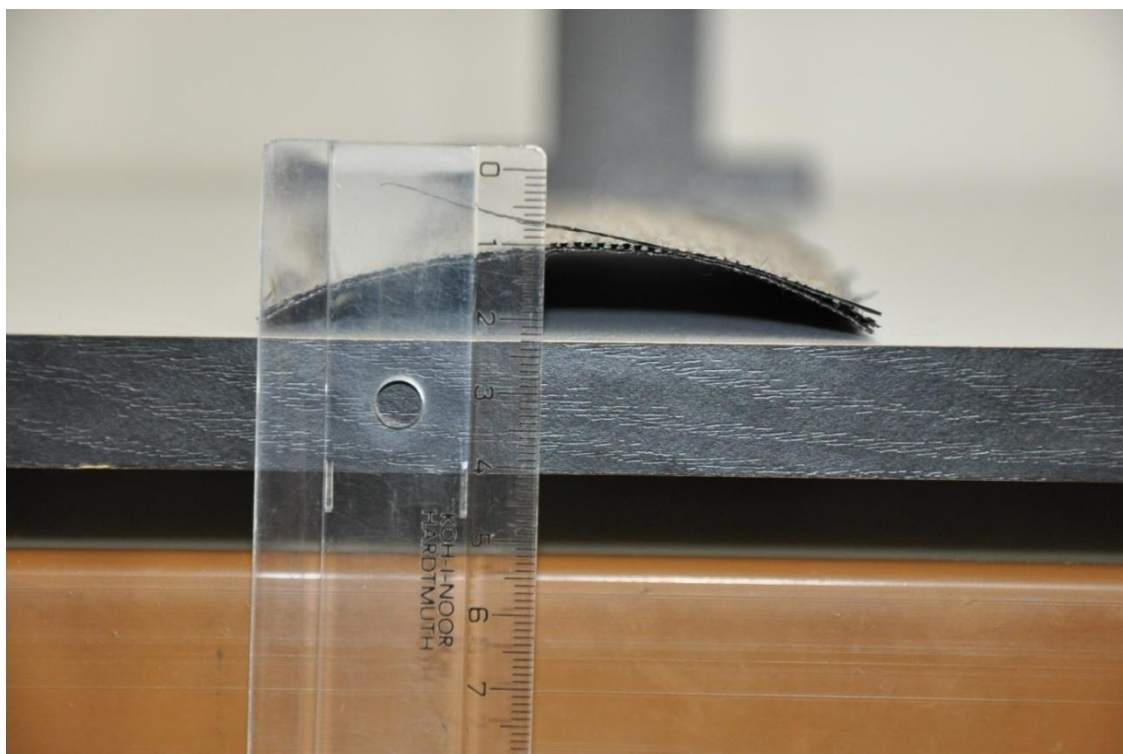
Na obrázku č. 16 je graf, který znázorňuje všech deset zkoušek přetrhu, kterým byly vzorky podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced podrobeny. Nejvyšší vrcholy grafu znázorňují přetrh perlinkové tkaniny ze skleněných monofilů, která zpevňuje konstrukci podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced na rubové straně. Průměrná hodnota přetrhu při nejvyšší pevnosti byla 8,204 mm. Střední hodnota nejvyšší pevnosti, při které docházelo k přetrhu podkladové tkaniny, byla zjištěna 1669,460 N.

## 9.3 Testování podkladových tkanin v teplotní komoře

Oba dva typy podkladové tkaniny od firmy Tencate byly podrobeny testování v teplotní komoře na Katedře hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci. Důvodem testování bylo zjistit, zda starší typ podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer bude při teplotní zátěži reagovat zvlněním, jak k tomu docházelo u zkušebního hřiště, které firma Juta, a.s. položila ve Dvoře Králové nad Labem. Dalším důvodem testování bylo potvrzení hypotézy, že se podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced díky přidané perlince ze skleněných monofilů nezvlní.

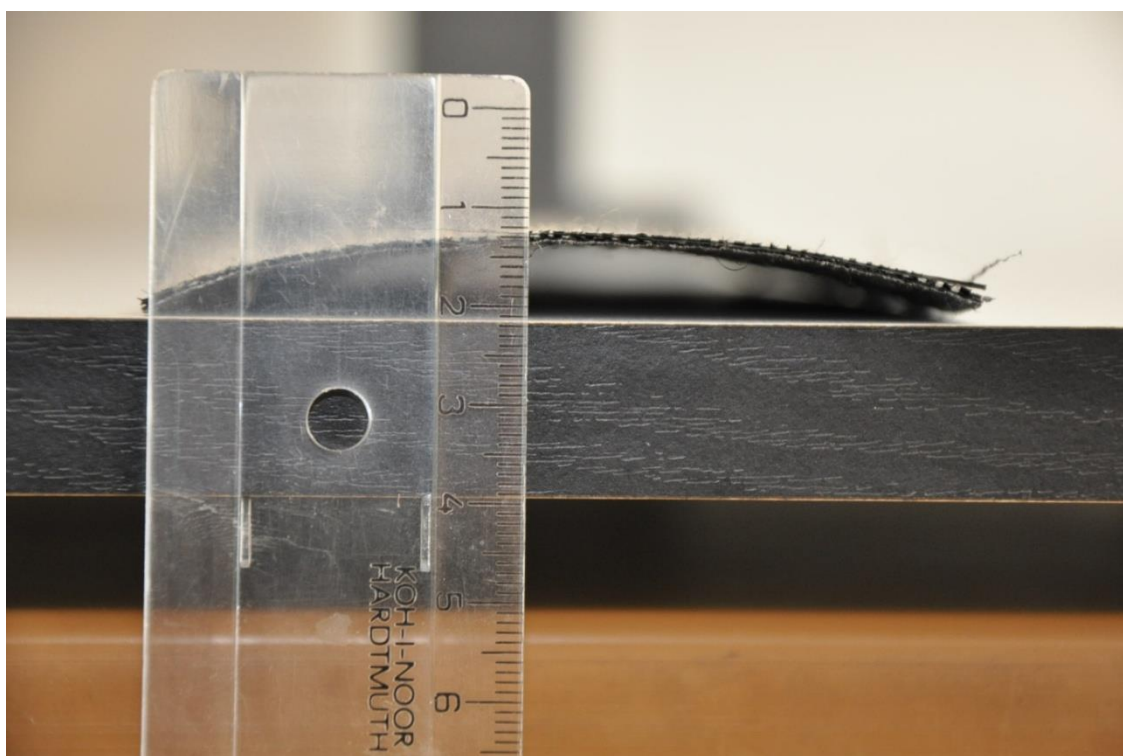
### 9.3.1 Testování Tencate Thiobac Multi Layer

Testovaný vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer o rozměrech obdélníka 30 x 8 cm byl vložen do testovací komory. V komoře byly nasimulovány hodnoty teploty 80°C a 50% vlhkost vzduchu. Tyto hodnoty mají simulovat klimatické podmínky, kterým může být vystavena podkladová tkanina v letních dnech jak v Evropě, tak v Africe. Vzorek byl do teplotní komory vkládán vždy nezvlněn. Testování trvalo 6 hodin. Výsledné změny jsou vyobrazeny na obrázku č. 17.



Obrázek 17 – zvlněný vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer

Z obrázku je patrné, že při testování došlo ke zvlnění podkladové tkaniny. Podkladová tkanina se ve svém nejvyšším bodě deformace vzorku zvlnila o 12 mm. Příčinou zvlnění podkladové tkaniny je absence tepelné fixace po jejím utkání. Z tohoto důvodu došlo u podkladové tkaniny k vzniku vnitřního napětí, které se v kombinaci s nabalením podkladové tkaniny na roli projevilo po zahřání na teplotu 80 °C jejím zvlněním. Důvodem zvlnění podkladové tkaniny je snížení viskozity polypropylenových monofilů, z kterých je podkladová tkanina utkána, a projevení se tak vnitřního napětí. Na obrázku č. 18 je uvedena podkladová tkanina po 24 hodinách relaxace v klimatizované místnosti o teplotě 22 °C

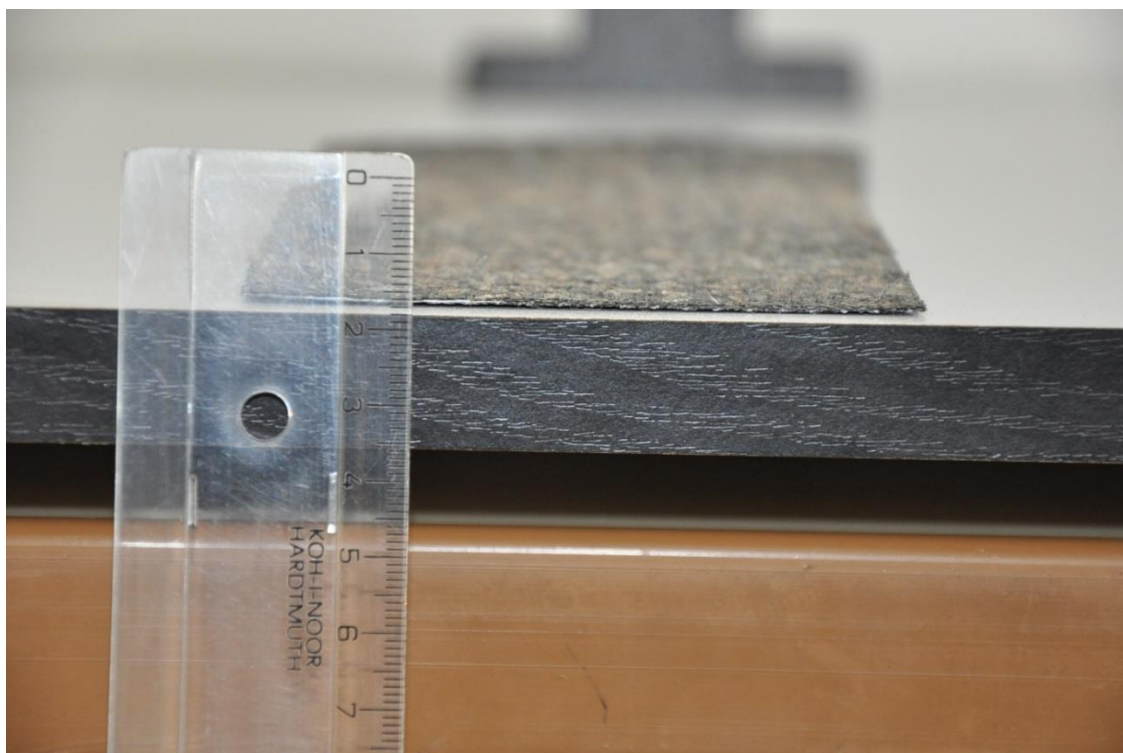


Obrázek 18 - vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po 24 hodinách relaxace

Z obrázku č. 18 je patrné, že podkladová tkanina ani po 24 hodinách v klimatizované komoře, kde teplota nedosahovala žádných extrémů, nebyla schopna vrátit se do původní podoby a zůstala zvlněná. Zvlnění v nejvyšším bodě už nedosahovalo hodnoty 12 mm, ale došlo k poklesu zvlnění o 3 mm na hodnotu 9 mm.

### 9.3.2 Testování Tencate Thiobac Glass Reinforced

Podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced byla rovněž podrobena testování v teplotní komoře na Katedře hodnocení textilií. Rozměry testované vzorku jsou 30 cm na 8 cm. Nasimulované hodnoty jsou srovnatelné s testováním podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer. Teplota v teplotní komoře byla 80 °C a relativní vlhkost vzduchu byla na úrovni 50 %. Test byl prováděn v časové délce 6 hodin. Výsledné změny na tkanině jsou na obrázku č. 19.



Obrázek 19 - vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po testování

Z obrázku č. 19 je zřejmé, že u podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced nedošlo k žádným změnám vlivem teplot při testování. Podkladová tkanina si během testování zachovala svůj původní tvar. Z testování vyplývá, že u podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced zajišťuje perlinková tkanina ze skleněných monofilů rozměrovou a tvarovou stálost při působení vyšších teplot. Důvodem zachování rozměrové a tvarové stability je tepelná roztažnost skla. Tkanina po 24 hodinách v klimatizované komoře o teplotě 22 °C zůstala stále rovná a nedošlo u ní k žádným změnám. Výsledné srovnání a vyhodnocení je uvedeno v kapitole „Srovnání naměřených výsledků“.

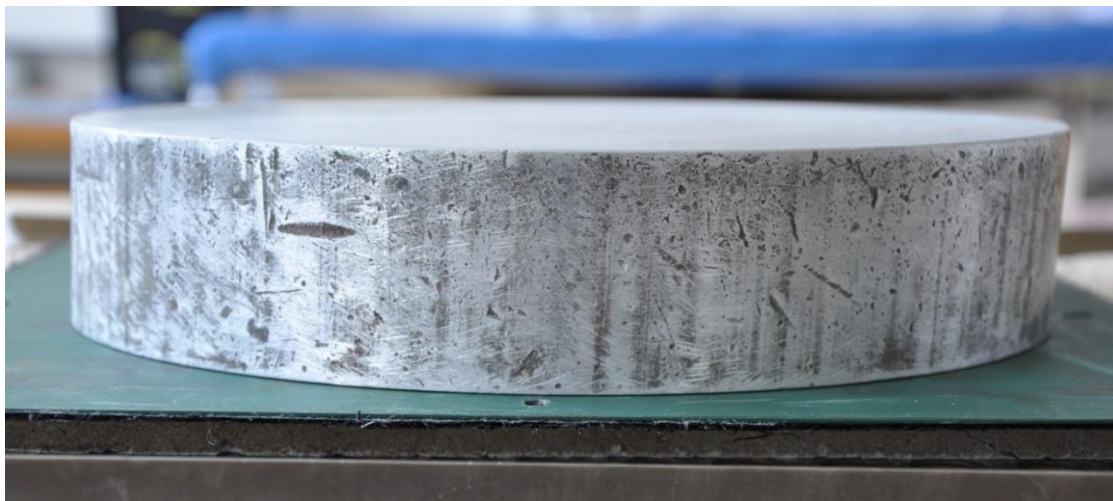
## 9.4 Ověřování příčiny zvlnění podkladové tkaniny

Z důvodu zvlnění podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer, která byla testována v teplotní komoře při 80 °C, byla zjišťována příčina zvlnění. Od výrobce podkladových tkanin bylo zjištěno, že podkladová tkanina není tepelně stabilizovaná po utkání a je vzápětí nabalena na role. Skladování těchto rolí v nábalech při změnách teplot, které se pohybují v širokém rozmezí od teploty ve výrobních halách, po venkovní teploty na přímém slunečním svitu má na zvlnění podkladové tkaniny významný vliv. Tyto faktory zapříčiňují vznik napětí v tkanině. Toto napětí se žádným způsobem neprojevuje při vsívání vlasu trávniku do podkladové tkaniny, ani při realizaci pokládky travního povrchu. Toto napětí je v podkladové tkanině omezeno tokovou viskozitou polypropylenových monofilů, z kterých je podkladová tkanina utkána. Avšak při působení teploty na podkladovou tkaninu trávniku na přímém slunečním svitu dojde ke snížení viskozity polypropylenů a na základě toho se vzniklé napětí v tkanině uvolní a projeví se zvlněním celého trávniku. Tento děj je teoreticky popsán v kapitole č. 6 - Reologie. Na základě těchto zjištěných poznatků byla tkanina podrobena tepelné stabilizaci v teplotní komoře.

### 9.4.1 Stabilizace podkladové tkaniny

Podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer byla z důvodu zjišťování příčiny zvlnění podrobena stabilizaci v teplotní komoře. Připravený vzorek o rozměrech obdélníka 29 x 31 cm byl volně položen na rovnou podkladovou desku. Na tento vzorek podkladové tkaniny byla položena další rovná kovová deska, která překrývala testovaný vzorek v celé jeho ploše. Na tuto vrchní desku bylo uloženo závaží o hmotnosti 6,6 kg. Toto závaží zde sloužilo k vytvoření přtlaku na podkladovou tkaninu. Po výpočtu vychází tlak vyvíjený v celé ploše na podkladovou tkaninu 772 Pa. Teplota, při které byl vzorek podroben tepelné fixaci, byla 100 °C a vzorek byl v teplotní komoře fixován po dobu 20 minut.[23]



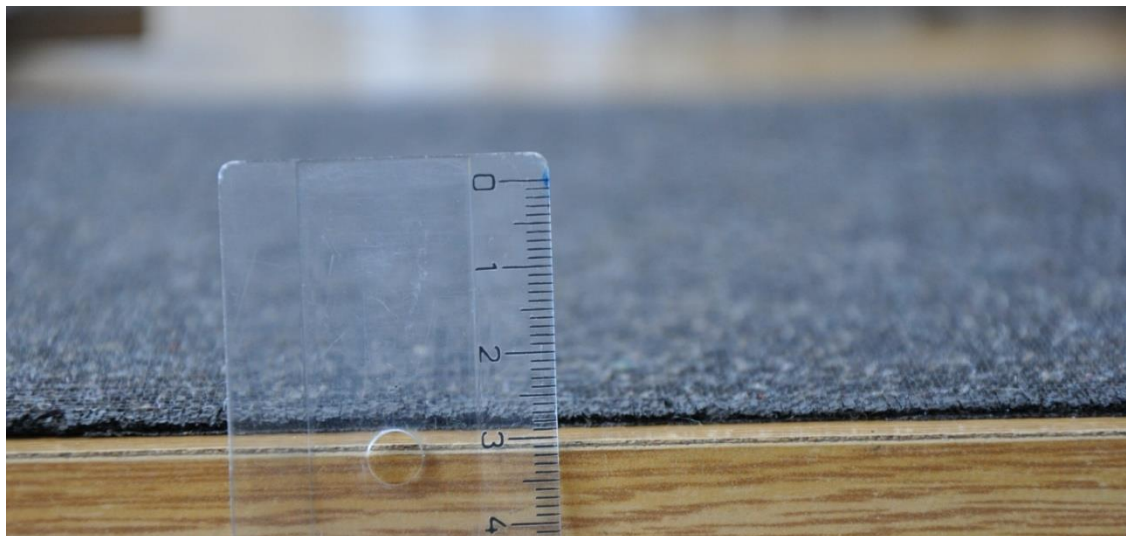


Obrázek 20 – testovaná podkladová tkanina se závažím

Na obrázku č. 20 je znázorněn způsob uložení závaží na testované podkladové tkanině, před vložením do teplotní komory. Po 20 minutách testování v teplotní komoře byl vzorek podkladové tkaniny z komory vyjmut. Po odstranění závaží a desky, byl vzorek dokonale rovný a nevykazoval žádné známky prohnutí, jak tomu bylo u testování stejné podkladové tkaniny v teplotní komoře při teplotě 80 °C, avšak ve volném stavu, kdy na podkladovou tkaninu nebyl vyvíjen žádný přítlak. Z tohoto důvodu byl vzorek tepelně fixované podkladové tkaniny opětovně testován v teplotní komoře při teplotách 60 °C, 70 °C, 80 °C a 90 °C.

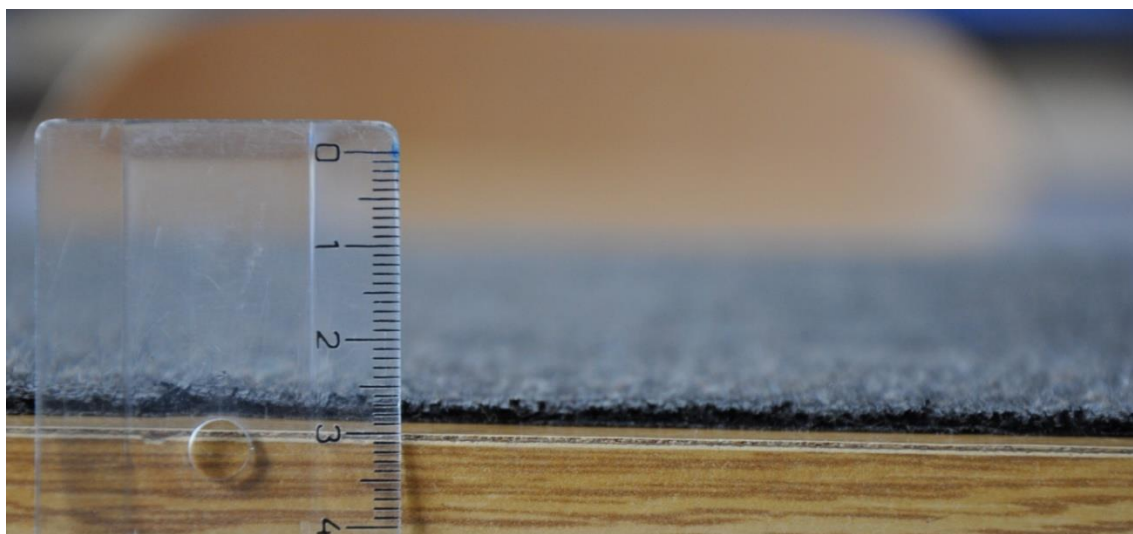
#### **9.4.2 Testování podkladové tkaniny v teplotní komoře ve volném stavu**

Po tepelné fixaci byl vzorek podkladové tkaniny opětovně testován. Důvodem bylo potvrzení faktu, že podkladová tkanina po tepelné stabilizaci bude zachovávat rozměrovou a tvarovou stabilitu a nebude vykazovat žádné známky zvlnění, jak tomu bylo u vzorku podkladové tkaniny před tepelnou fixací, která se v tepelně nezafixovaném stavu používá při všívání vlasu do podkladové tkaniny. Testování podkladových tkanin probíhalo při teplotách 60 °C, 70 °C, 80 °C a 90 °C.



Obrázek 21 – testování podkladové tkaniny při teplotě 60 °C

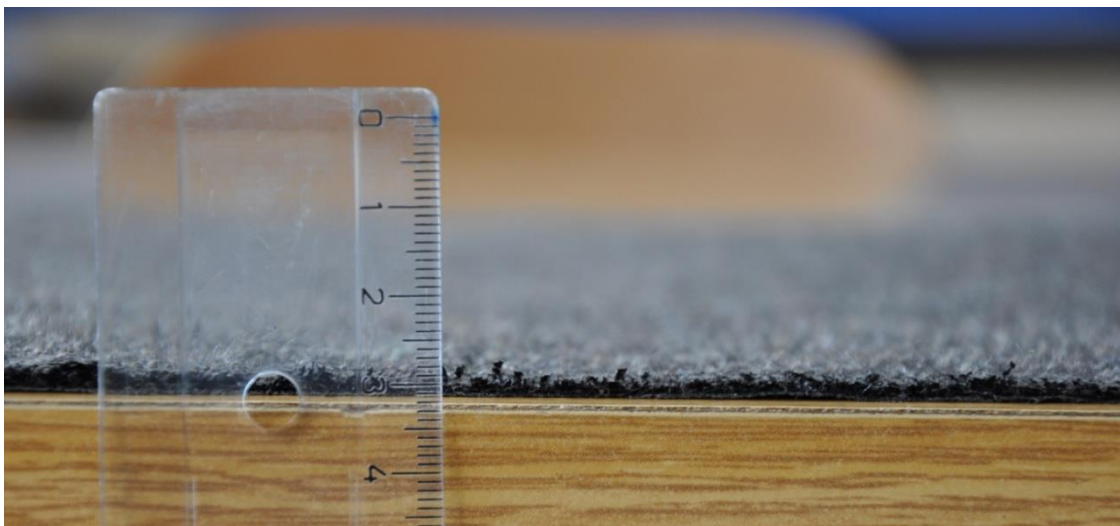
Z obrázku č. 21 je patrné, že při testování ve volném stavu, při teplotě 60 °C po dobu 20 minut, nedošlo u podkladové tkaniny k žádnému zvlnění.



Obrázek 22 – testování podkladové tkaniny při teplotě 70 °C

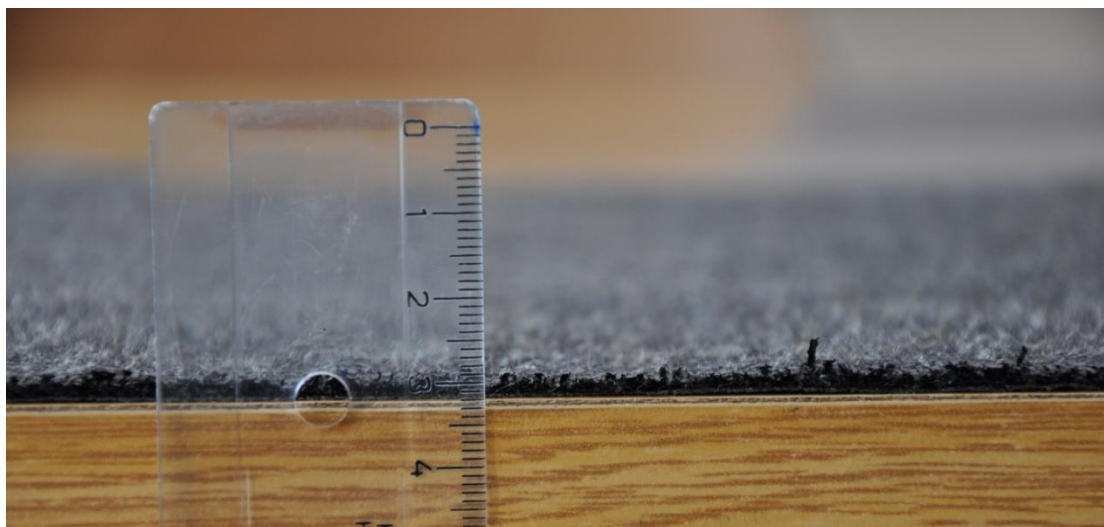
Na obrázku č. 22 je možno pozorovat, že při opětovném zatěžování podkladové tkaniny ve volném stavu, nedošlo k žádnému zvlnění podkladové tkaniny a zachovala si rozměrovou a tvarovou stabilitu.





Obrázek 23 – testování podkladové tkaniny při teplotě 80 °C

Z obrázku č. 23 je patrné, že podkladová tkanina při teplotě 80 °C zachovala svůj tvar a nedošlo k jejímu zvlnění. Při testování stejné podkladové tkaniny, která však nebyla tepelně zafixovaná, došlo při teplotě 80 °C k jejímu zvlnění.



Obrázek 24 – testování podkladové tkaniny při teplotě 90 °C

Na obrázku č. 24 můžeme pozorovat, že ani při testování při teplotě 90 °C nedošlo u podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer k jejímu zvlnění, a tkanina si zachovala svůj tvar. Problém zvlnění podkladové tkaniny vyřešila její tepelná fixace.

## 10 DISKUZE NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ

V této kapitole budou celkově porovnány vlastnosti trávníků Champion 60/140 a Active. V první části budou porovnány výsledky mechanicko – fyzikálních testů trávníků. Dále budou srovnány výsledné hodnoty naměřené při testování přetrhu, které vypovídají o tažnosti zkoumaných podkladových tkanin. Jedná se především o vyhodnocení a srovnání maximálního prodloužení podkladových tkanin, při nejvyšší síle působící na testovaný vzorek podkladové tkaniny. V poslední části budou srovnány výsledky z testování podkladových tkanin v teplotní komoře.

### 10.1 Vyhodnocení mechanicko – fyzikálních vlastností

Testování obou typů trávniku určených pro fotbal mělo kladný výsledek. Trávník 3. generace Champion v testování mechanicko – fyzikálních vlastností povrchu vyhověl normě Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Trávník 4. generace při posuzování vyhověl testování absorpce nárazu, odporu proti rotačnímu pohybu, stanovení odskoku míče, vertikální deformaci. Pouze v testu stanovení valení míče normě nevyhověl. Důvodem překročení normy a nevyhovění byl způsoben kvalitou údržby povrchu fotbalového hřiště, kde bylo testování prováděno. Povrch při testování byl dva roky používán k fotbalovému tréninku, ale údržba vlasu trávniku byla zanedbaná, což se projevilo právě na valení míče po povrchu. Vlas trávniky nebyl pročesáván a udržován v napřímeném stavu, byl slehlý a vytvořil povrch, který nebránil ve valení míče tak, jak tomu je u trávniku s načesaným, vzpřímeným vlasem trávniku. Při testování se míč při valení zastavoval průměrně na 15 metrech, což normové hodnotě, která se pohybuje v rozmezí 4 – 10 metrů nevyhovuje. V případě, že by údržba fotbalového hřiště nebyla zanedbaná, s největší pravděpodobností by test normu Mezinárodní fotbalové federace FIFA splnil.

## 10.2 Vyhodnocení tažnosti podkladových tkanin

Srovnání na základě tažnosti ověřuje schopnost natažení obou podkladových tkanin. Naměřené hodnoty tažnosti tkanin budou vyhodnoceny mezi sebou porovnáním zjištěných hodnot nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti. Za metodu ověření statisticky významné odlišnosti rozdílných hodnot nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti byla zvolena metoda Studentova T-testu. K možnosti aplikaci těchto metod, je důležité provést ověření normality naměřených hodnot. Při porovnávání budou mezi sebou srovnávány vždy naměřené hodnoty prodloužení osnovy tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer s osnovou podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced.

### Ověření normality dat

Statistické vyhodnocení významné odlišnosti podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer a tkaninou Tencate Thiobac Glass Reinforced bude ověřeno za použití metody Studento T-testu. Pro ověření uvedenými metodami musí být ověřena nejprve normalita dat. Jednalo o naměřené hodnoty přetrhů osnovy a útků obou podkladových tkanin. Ověření normality dat bylo provedeno v programu Statistica za pomoci Shapiro – Wilkova testu. Normalita dat nebyla při obvyklé hladině testu zamítnuta. V příloze č. 9 jsou uvedeny QQ grafy s grafickým vyjádřením normality dat. Naměřené hodnoty nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti u obou tkanin byly znázorněny v boxplot grafu.

### 10.2.1 Vyhodnocení odlišnosti osnov podkladových tkanin

Vyhodnocení osnov podkladových tkanin bylo ověřeno pomocí Studentova T-testu. Na hladině testu významnosti 0,05 byla hypotéza shody při hodnotě  $p$  – value  $4,17E-11$  zamítnuta, díky hodnotě  $p$  – value, která je extrémně menší, než hodnota 0,05. Extrémně vysoká hodnota Studentova T – testu 43,6587 potvrzuje významnou odlišnost prodloužení osnov při nejvyšší pevnosti.

Tabulka 16 – výsledky z porovnání osnov podkladových tkanin

Průměr	Průměr	Hodnota T	P value	Poč.plat.	Poč.plat.	s	s
skup. 1	skup. 2			skup. 1	skup. 2	skup. 1	skup. 2
29,85770	4,817500	43,6587	4,17E-11	10	10	1,563114	1,105784

Z hodnot ověření porovnání podkladových tkanin Tencate Thiobac Multi Layer a Thiobac Glass Reinforced z tabulky č. 15 vyplývá, že jsou jejich hodnoty nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti extrémně statisticky odlišné. Způsobuje to konstrukční odlišnosti jednotlivých podkladových tkanin.

### 10.2.2 Vyhodnocení odlišnosti útků podkladových tkanin

Normalita dat pomocí Shapiro – Wilkova testu nebyla rovněž zamítnuta. Útky podkladových tkanin musely být srovnány pomocí Studentova T – testu. Z výsledného ověření vyplývá z hodnoty p – value 1,44E-11, že hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti u testovaných podkladových tkanin jsou statisticky významně odlišné. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 16. Vysoká hodnota Studentova T – testu potvrzuje významnou odlišnost prodloužení útků při nejvyšší pevnosti.

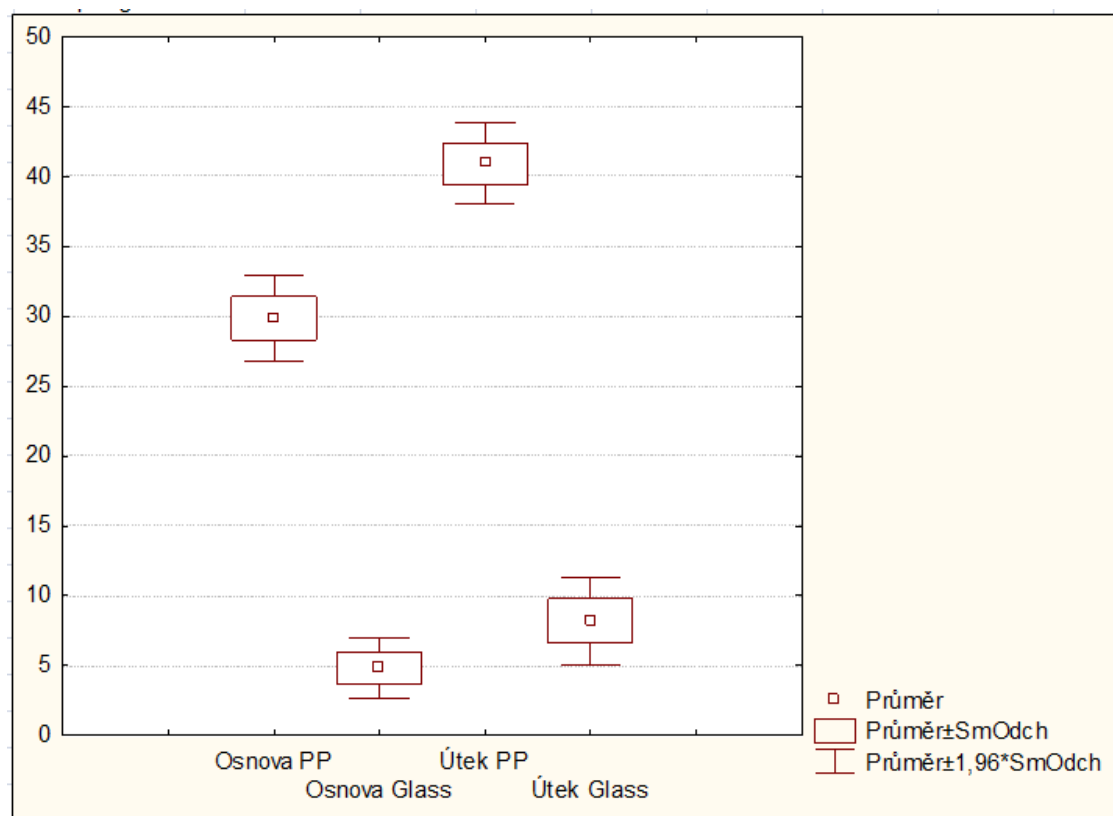
Tabulka 17 - výsledky z porovnání útků podkladových tkanin

Průměr	Průměr	Hodnota T	P value	Poč.plat.	Poč.plat.	s	s
skup. 1	skup. 2			skup. 1	skup. 2	skup. 1	skup. 2
40,934	8,204	49,9085	1,44E -11	10	10	1,487	1,602

Potvrzení statisticky významné odlišnosti hodnot nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti podkladových tkanin Tencate Thiobac Multi Layer a Thiobac Glass Reinforced testovaných po útku potvrzuje, že se jedná o konstrukčně odlišné podkladové tkaniny s rozdílnými mechanickými vlastnostmi.

### 10.2.3 Vyjádření naměřených hodnot pomocí boxplot grafu

Naměřené hodnoty při testování podkladových tkanin Tencate Thiobac Multi Layer a Thiobac Glass Reinforced byly pro názornost zaneseny do boxplot grafu. Z tohoto grafického vyjádření je patrné, že se jedná o významně odlišné tkaniny, kde jejich odlišnost potvrzují hodnoty nejvyššího prodloužení při nejvyšší pevnosti.



Obrázek 25 – boxplot graf

Z boxplot grafu je patrné, že variabilita naměřených dat je minimální a významně se neodchyluje od střední hodnoty.

### 10.3 Porovnání podkladových tkanin dle výsledků z teplotní komory

Obě tkaniny byly vloženy do teplotní komory a byly teplotně zatěžovány po dobu 6 hodin. Teplota v komoře dosahovala hodnoty 80 °C, což mělo představovat hodnotu, kterou může být podkladová tkanina v letních měsících vystavována. Relativní vlhkost byla na úrovni 50 %. Obě tkaniny byly zatřeny SBR latexem z rubové strany, aby v teplotní komoře pracovaly jako kompozit. Tkanina Tencate Thiobac Multi Layer, jejíž konstrukce je tvořena polypropylenovou, plátňovou vazbou a tenkou vrstvou netkané textilie, se během testování zvlnila. Testovaný vzorek se ve svém nejvyšším bodě zvlnil na hodnotu 12 mm. Po 24 hodinách tkanina vykazovala prohnutí nadále, avšak kleslo na hodnotu 9 mm. Konstrukci tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced tvoří polypropylenová tkanina v plátňové vazbě, stejně jako u prvního typu podkladové

tkaniny. Konstrukci zpevňuje na rubové straně tkanina v perlinkové vazbě, která je utkána ze skleněných monofilů. Po testování nevykazovala podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced žádné prohnutí ani zvlnění. Tento fakt potvrzuje, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced je vhodným substitutem stávající podkladové tkaniny.

Dále byla testována původní podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer, kde byla podrobena stabilizaci. Stabilizace podkladové tkaniny byla provedena v teplotní komoře. Vzorek podkladové tkaniny byl vložen do tepelné komory a byl v celé své ploše zatížen závažím, které na stabilizovaný vzorek vyvíjelo konstantní tlak 772 Pa. Testování bylo realizováno za teploty 100 °C po dobu 20 minut. Test stabilizace ukázal, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer není výrobcem stabilizovaná, což způsobuje její následné zvlnění při působení vysokých teplot na přímém slunci. Stabilizací podkladové tkaniny došlo k její celkové rozměrové a tvarové stabilizaci. Ověření úspěšnosti stabilizace potvrdilo následné testování podkladové tkaniny v teplotní komoře, kde byl stabilizovaný vzorek podkladové tkaniny testován ve volném stavu. Ten se v průběhu testování nezvlnil a zachoval si svou rozměrovou a tvarovou stabilitu.

## **11 NÁVRH INOVATIVNÍHO ZLEPŠENÍ**

Na základě zjištěných výsledků a následných vyhodnocení, bude v této kapitole navrženo inovativní řešení, které řeší stávající problémy. Jedná se především o problematiku zvlnění současných podkladových tkanin, které Juta, a.s. využívá k výrobě umělého trávníku 4. generace Active. Současná podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer, která je tvořena polypropylenovou tkaninou v plátňové vazbě, se při dosažení vysokých teplot na přímém slunečním svitu zvlní. Tento problém byl v diplomové práci vyřešen a na základě zjištěných poznatků, budou v této kapitole navrženy dvě možné varianty inovativního zlepšení, které tento problém řeší.

### **11.1 Podkladová tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced**

Jedno z řešení problému zvlnění podkladových tkanin je vsívání do zpevněné podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced. Konstrukci podkladové tkaniny tvoří polypropylenové tkanina v plátňové vazbě a na rubové straně je zpevněna tkaninou

v perlinkové vazbě, která je utkaná ze skleněných monofilů. Pevnost skla a tažnost za sucha, která se pohybuje mezi 2 – 5 %. Dle výsledků testování této podkladové tkaniny v teplotní komoře vyplývá, že při teplotách na přímém slunci nedojde k jejímu zvlnění a zachová si svou tvarovou a rozměrovou stabilitu. Toto inovativní zlepšení je však spojeno s nákupem nového všivacího stroje, který umí všívat do podkladové tkaniny, kterou zpevňuje na rubní straně tkanina v perlinkové vazbě ze skleněných monofilů. Současný všivací stroj není schopen do této podkladové tkaniny všívat, protože nevšívá přesně do volného prostoru perlinkové tkaniny a perlinkovou tkaninu všivací jehly přeseknou.

## **11.2 Stabilizace podkladové tkaniny**

Druhé řešení, které řeší problém se zvlněním podkladové tkaniny je tepelná stabilizace podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer. Problém zvlnění způsobuje fakt, že tato podkladová tkanina není po utkání tepelně stabilizovaná a je nabalena na vál a expedována. Skladování těchto rolí v nábalech při změnách teplot, které se pohybují v širokém rozmezí od teploty ve výrobních halách, po venkovní teploty na přímém slunečním svitu, přispívají ke vzniku napětí v tkanině, které je však omezeno vysokou viskozitou, která brání projevení se napětí a tím pádem zvlnění. Z testování tepelné stabilizace podkladové tkaniny vyplývají výsledky, které hypotézu o absenci tepelné stabilizace potvrzují. Tepelná stabilizace podkladové tkaniny tak řeší problém zvlnění podkladových tkanin u trávnicku 4. generace Active. Způsob, kterým byla tepelná stabilizace provedena, není možný realizovat v průmyslové výrobě. V průmyslové podobě se tato podkladová tkanina může stabilizovat pomocí napínacího rámu. Jedná se o zařízení, které tkaninu za kontinuálního chodu napíná a zároveň zahřívá. Tyto dva faktory způsobují tepelnou fixaci tkaniny. Na obrázku č. 26 je znázorněn příklad napínacího rámu.



Obrázek 26 – napínací rám firmy Monforts Textilmaschinen GmbH & Co. KG [24]

„Textilie je zachycena na obou krajích záponkami nebo jehličkami upevněnými na nekonečných řezech, mezi kterými je vedena v plné šíři strojem. Stroj sestává z 6 - 10 polí (komor) dlouhých obvykle kolem 3 metrů (např. 2 sušicí, 4 fixační a 1 ochlazovací komora). V jednotlivých komorách jsou agregáty zajišťující ohřátí až na 220°C, odsávání přesyceného vzduchu a chlazení.“ [24] Tento způsob tepelné fixace, by problém se zvlněním podkladových tkanin u trávniku 4. generace Active, firmě Juta, a.s. vyřešil. Oproti předchozímu návrhu inovativního zlepšení, tato metoda řeší jádro problému a není pouze potlačeno, tak jak tomu je u podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced, kde je tento problém řešen zpevněním podkladové tkaniny perlínkovou tkaninou ze skleněných monofilů.



## 12 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VARIANT TRÁVNÍKŮ

V této kapitole budou zhodnoceny obě generace umělých trávníků. Trávník Champion, který zastupuje 3. generaci a trávník Active, který patří do 4. generace umělých trávníků určených pro fotbal. Z ekonomického porovnání obou generací by mělo vyplynout, zda je výhodnější pořízení 3. generace či 4. generace fotbalového trávniku. Ceny budou přepočítány na rozměry fiktivního fotbalového hřiště. Rozměry fotbalového hřiště jsou 105 x 68 metrů, což je 7140 m<sup>2</sup>. Do výsledných nákladů budou započítány jednotlivé položky, které jsou s danou generací spojeny. Celkové náklady budou očištěny o cenu stavebních úprav, dopravy, ceny za pokládku a další položky, které nelze dopředu určit.

### 12.1 Trávník 3. generace Champion 60/140

Trávník 3. generace Champion je kvalitním povrchem, který splňuje veškeré požadavky na umělá hřiště dle Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Firma Juta, a.s. ho několik let úspěšně instaluje. Důvodem proč firma Juta, a.s. začala vyvíjet trávník 4. generace je požadavek na snížení nákladů na údržbu povrchu umělého trávniku, než jaký je u trávníků 3. generace. Náklady na údržbu jsou především spojeny s dosypáváním umělého granulátu a kontrolování rovnoměrného rozprostření zásypu trávniku. Ceny zásypu, který tvoří granulát a křemičitý písek, celou realizaci hřiště prodražují a průběžnou údržbu rovněž. Ceny v tabulce č. 19 jsou uvedeny v korunách českých.

Tabulka 18 - kalkulace nákladů trávniku Champion

Champion + EPDM Ekotrend				
	kg/m <sup>2</sup>	kg/7140 m <sup>2</sup>	cena/kg	cena/7140 m <sup>2</sup>
EPDM granulát	20	142800	6,30	899640
písek + EPDM:	12	85680	2,06	176500,8
			cena/ m <sup>2</sup>	cena/7140 m <sup>2</sup>
Trávník Champion			235,25	1679685
			Celkem	2 755 825,80 Kč

## 12.2 Trávník 4. generace Active

Trávník 4. generace Active je výrobkem firmy Juta, a.s., který je ve fázi vývoje a doposud byl instalován pouze zkušebně. Instalace byla realizována ve Dvoře Králové nad Labem na pozemku internátu Střední školy informatiky a služeb. Vývoj trávníku Active byl reakcí na uvedení trávníků 4. generace na trh konkurencí. Smyslem vývoje trávníků 4. generace je nahradit předchozí generaci trávníků, která již nebude vyžadovat zasypávání pískem a granulátem, který představuje pro investora značné náklady. V kalkulaci jsou uvedeny ceny za trávník. Dále byly do kalkulace zařazeny ceny za podkladovou podložku, která se instaluje přímo pod trávník. Tato deska zde slouží k absorpci nárazu. Ceny jsou uvedeny v korunách českých.

Tabulka 19 – kalkulace nákladů trávníku Active

	cena/ m <sup>2</sup>	cena/7140 m <sup>2</sup>
Podkladová deska Proplay	155	1106700
	cena/ m <sup>2</sup>	cena/7140 m <sup>2</sup>
Trávník Active	337,07	2406679,8
	Celkem	3513379,8 Kč

V tabulce č. 20 jsou uvedeny náklady na travní koberec Active, které odpovídají celkové ploše fotbalového hřiště o rozměrech 105 x 68 metrů. Dále jsou zde uvedeny náklady na podkladovou desku značky Proplay. Ceny jednotlivých položek jsou uvedeny v korunách českých.

## 12.3 Výsledné ekonomické zhodnocení

Při výsledném srovnávání trávníků Champion a Active byly mezi sebou zhodnoceny oba dva typy trávníků. U trávníku Champion byly do kalkulace zařazeny ceny za trávník, dále pak za zásyp trávníku, který tvoří křemičitý písek a granulát. U trávníku Active byly do kalkulace zařazeny náklady na trávník a na podkladovou podložku. Celkové náklady na pořízení trávníku Champion jsou 2 755 825,80 Kč. Celkové náklady na trávník Active vycházejí na 3 513 379,80 Kč. Rozdíl těchto cen je 757 554,00 Kč ve prospěch trávníku 3. generace Champion. Z ekonomického hlediska

vychází trávník Champion oproti trávniku Active levněji. Z ekonomického hlediska je pořízení trávniku 3. generace Champion výhodnější, než pořízení trávniku Active.

## 13 DISKUZE VÝSLEDKŮ

V této části budou pro přehlednost zmíněny nejdůležitější výsledky, které byly v rámci diplomové práce zjištěny. K jednotlivým výsledkům zde bude uveden komentář, který přibližuje, co daný výsledek znamená k dané problematice. Diskuze výsledků bude uvedena k výsledným hodnotám u mechanicko – fyzikálních testů, kterým byly oba trávníky podrobeny dle normy Mezinárodní fotbalové federace FIFA. V další části budou okomentovány výsledky vyplývající z měření tažnosti podkladových tkanin, do kterých se vsívá vlas trávniku. Dále budou popsány výsledky testování podkladových tkanin v teplotní komoře a reakce podkladových tkanin na změny teplot, které souvisí s problematikou zvlnění fotbalového trávniku 4. generace Active. Na tuto část navazuje ověřování příčiny zvlnění podkladových tkanin. Výsledky tepelné stabilizace podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer budou okomentovány. V poslední části budou diskutovány výsledky ekonomické výhodnosti jednotlivých variant trávniku Champion a Active.

### 13.1 Diskuze výsledků mechanicko – fyzikálních testů

Trávník Champion mechanicko – fyzikální testy splnil. Splnil veškeré požadavky a v každém testu obstál. Tento fakt vypovídá o 3. generaci fotbalových trávníků a trávniku Champion, že trávníky této generace jsou dobrou volbou při realizaci fotbalových hřišť s umělým travním povrchem. Testování trávniku Active probíhalo na nových vzorcích trávniku a na zkušebním hřišti, kde je trávník Active instalován. Na novém vzorku trávniku byl testován odskok míče, odpor proti rotačnímu pohybu, vertikální deformaci a absorpce nárazu. Tyto zkoušky dopadly dobře a trávník splnil požadavky na tyto testy. Testování valení míče probíhalo na zkušebním hřišti s trávníkem Active. Tento test nevyhověl požadavkům normy na valení míče. Důvodem byl slehlý vlas trávniku, který nebyl udržován, a proto nebránil fotbalovému míči ve valení. Z toho vyplývá, že údržba trávniku Active se musí provádět zrovna tak jako u trávniku Champion. V případě absence pročešávání vlasu trávniku, dojde k jeho lenutí a vlastnosti povrchu už neodpovídají normě. Mechanicko – fyzikální testy u obou trávníků

dopadly dobře. Trávník Champino je praxí prověřen a v každém ohledu splňuje požadavky zákazníků i normy Mezinárodní federace FIFA. Trávník Active požadavky těchto norem splnil také, avšak zda bude povrch i po letech fungovat, jak má, ukáže čas a praxe.

### **13.2 Diskuze výsledků testování tažnosti podkladových tkanin**

Výsledky testování podkladových ukázaly, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer a podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced se výrazně od sebe liší. Testování probíhalo na trhačce, kde bylo z každé tkaniny přetrhnuto deset vzorků ve směru osnovy tkaniny a deset vzorků po směru útku. Testování ukázalo, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer má mnohonásobně vyšší tažnost než podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced. Významně odlišné tažnosti vysvětluje konstrukce podkladových tkanin. Konstrukce Tencate Thiobac Multi Layer je tvořena polypropylenovým plátnem. Konstrukci Tencate Thiobac Glass Reinforced tvoří polypropylenové plátno, ale je navíc na rubové straně zpevněna perlinkovou tkaninou ze skleněných monofilů. Tato perlinka celou konstrukci zpevňuje a stabilizuje tvar podkladové tkaniny.

### **13.3 Diskuze výsledků testování podkladových tkanin v teplotní komoře**

Testování podkladových tkanin Tencate Thiobac Multi Layer a Tencate Thiobac Glass Reinforced bylo provedeno z důvodů zvlnění podkladových tkanin vlivem teplot v letních měsících. Podkladové textilie reagují při vysokých teplotách na přímém slunečním svitu tak, že se zvlní, a fotbalové hřiště je nepoužitelné ke hře. Při testování podkladových tkanin v teplotní komoře byl tento fakt potvrzen u stávající podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer, jejíž konstrukci tvoří polypropylenové plátno. Tato podkladová tkanina se při testování zvlnila, viz obrázek č. 17, což potvrzuje, že její použití jako podkladová tkanina, není vhodné. Testování podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced, která je rovněž tvořena polypropylenovým plátnem jako podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer, avšak na rubové straně je zesílena

perlinkovou tkaninou utkanou ze skleněných monofilů, ukázalo, že vlivem tepelného zatěžování zachovává tvarovou a rozměrovou stabilitu. Při zjišťování příčiny zvlnění podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer bylo zjištěno, že tato podkladová tkanina není tepelně stabilizovaná. Proto byla tepelná stabilizace provedena a testovaný vzorek při opětovném tepelném namáhání ve volném stavu zachovával svou tvarovou a rozměrovou stabilitu. Z testování podkladových tkanin v tepelné komoře vyplývají dva závěry. Firma Juta, a.s. může nahradit stávající technologii všívání vlasu do podkladové tkaniny technologií, která umí všívat do podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced, anebo může všívat do podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer s rozdílem, že podkladová tkanina musí být tepelně stabilizovaná technologií, která se provádí na tzv. napínacích rámech.

### **13.4 Diskuze zjištěných výsledků u ekonomického porovnání trávníků Champion a Active**

Jeden z důležitých výsledků je oba dva trávníky posoudit z ekonomického hlediska. Finanční náročnost je aspekt, který investory zajímá a často je pro jejich volbu rozhodující. Při ekonomickém srovnání byla zařazena u trávniku Champion cena samotného trávniku a cena zásypu. Při výpočtu nákladů u trávniku Active byla zařazena samotná cena trávniku a podkladová podložka, která musí být společně pod trávník Active instalována. Celkové náklady byly očištěny o stavební práce, náklady na položení, podlepovací materiál, protože tyto položky jsou individuální, anebo jako v případě podlepovacího materiálu, přibližně stejné. Celkové náklady byly u trávniku Champion vyčísleny v hodnotě 2 755 825,80 Kč. Náklady u trávniku Active byly vyčísleny na 3 513 379,80 Kč. Rozdíl v nákladech je tedy 757 554,00 Kč ve prospěch trávniku Champion, který je o tuto částku levnější. Prodražení nákladů trávniku Active způsobuje především nutnost podložky pod trávník, jejíž cena prodražila stavbu o 1 106 700 Kč. V současné době je proto pro investory cenově výhodnější realizovat stavbu umělého povrchu fotbalového hřiště s umělým trávnikem 3. generace Champion.

## 14 NÁVRH NEJLEPŠÍHO ŘEŠENÍ A TYPU TRÁVNÍKU

Jeden z cílů diplomové práce je návrh nejlepšího řešení a typu trávniku. Ze zjištěných výsledků z diplomové práce vyplývá, že současný vývoj trávniku 4. generace neurazil takovou cestu, aby se tento typ trávniku mohl prodávat a plnohodnotně nahradil 3. generaci. Hlavní problém trávníků 4. generace z pohledu výrobce je nevyřešený problém s vlněním podkladové tkaniny, která by znehodnotila realizované stavby hřišť a firma Juta, a.s. by čelila reklamám ze strany investorů, což by způsobilo ztrátovost trávníků 4. generace. Tento problém řeší změna technologie vsívání vlasu trávniku do podkladových tkanin zpevněných perlínkovou tkaninou ze skleněných monofilů. Druhým a efektivnějším řešením problému zvlnění podkladových tkanin je pořízení firmou Juta, a.s. napínací rám, kterým by si podkladové tkaniny stabilizovala. Tato metoda řeší jádro problému vlnění podkladových tkanin umělých trávníků 4. generace. Použití podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced problém řeší omezením možnosti projevu zvlnění polypropylenového plátna, použitím perlínkové tkaniny ze skleněných monofilů.

## 15 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo popsat výrobu umělých trávníků, které vyrábí firma Juta, a.s. sídlící ve Dvoře Králové nad Labem, s odkazem na normovanou kvalitu výrobku. Dalším bodem diplomové práce bylo srovnat 3. generaci fotbalových trávníků s 4. generací fotbalových trávníků. Toto srovnání mělo být provedeno na základě mechanicko – fyzikálních testů povrchu trávniku, které jsou přesně definovány dle norem Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Na základě tohoto testování mělo být navrženo nejlepší řešení z pohledu vlastností povrchu trávníků obou generací. Na základě definovaných problémů souvisejících s 4. generací umělých trávníků mělo být navrženo inovativní řešení, které by tyto problémy řešilo a zároveň odhalilo jejich příčinu. Posledním cílem diplomové práce bylo ekonomické posouzení obou variant umělých trávníků.

Technologie výroby umělých trávníků firmy Juta, a.s. je popsána v teoretické části diplomové práce. Technologie výroby umělých trávníků byla popsána na základě technických listů firmy Juta, a.s., s odkazem na normu, která stanovuje technické parametry umělých povrchů fotbalových hřišť. V této části byly popsány jednotlivé technologické postupy prováděné při výrobě umělých trávníků 3. a 4. generace, jako je výroba vlasu trávniku, technologický proces vsívání vlasu trávniku do podkladové tkaniny a poslední technologická úprava zatření podkladové tkaniny latexem, který ukotví vlas trávniku v podkladové tkanině. V teoretické části byly uvedeny specifikace jednotlivých mechanicko – fyzikálních testů, které splňují normu Mezinárodní fotbalové federace FIFA. Dalším bodem teoretické části diplomové práce je reologie, která souvisí s problémem zvlnění podkladových tkanin umělých trávníků a problém popisuje. V poslední části byly popsány jednotlivé materiály, které byly podrobeny hlubšímu zkoumání a testování. Jsou to oba dva typy umělých trávníků 3. a 4. generace. Dále dva typy podkladových tkanin, u kterých bylo provedeno testování na trhacím zařízení a také podrobení testování v teplotní komoře.

Mechanicko – fyzikální vlastnosti trávníků byly testovány v první části experimentální části diplomové práce. 3. generace byla v testování zastoupena trávníkem Champion a 4. generace trávníkem Active. Požadavky vyplývající z norem Mezinárodní

fotbalové federace FIFA byly splněny u obou trávníků, s rozdílem testu stanovujícím hodnotu valení míče u trávniku Active, kde naměřené hodnoty nesplňovaly normu testu. Důvodem byla zanedbaná údržba povrchu fotbalového hřiště, na kterém bylo valení míče měřeno. U tohoto hřiště došlo k absenci pročešávání vlasu a tím k jeho polehnutí. Protože vlas trávniku nebyl v napřímené poloze, míč se mohl snadněji valit po povrchu. Závěr z testování mechanicko – fyzikálních testů ukázal, že vyvíjená 4. generace umělého trávniku má srovnatelné vlastnosti s 3. generací fotbalových trávníků.

V experimentální části byly dále testovány dva typy podkladových tkanin, které slouží jako podklad umělého trávniku, do kterého se vsívá samotný vlas trávniku. Důvodem testování bylo ověřit tažnost a pevnost těchto podkladových tkanin. Testovány byly dvě podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer a Tencate Thiobac Glass Reinforced, které firma Juta, a.s. nakupuje. Tencate Thiobac Multi Layer je podkladová tkanina, kterou firma Juta, a.s. použila při konstrukci trávniku 4. generace Active. U této podkladové tkaniny vznikl problém, že se za vysokých teplot na přímém slunci zvlnila, což znehodnotilo celou plochu hřiště. Proto se rozhodla firma Juta, a.s. stávající podkladovou tkaninu, jejíž konstrukci tvoří polypropylenové plátno, nahradit podkladovou tkaninou Tencate Thiobac Glass Reinforced, kde je konstrukce tvořena polypropylenovou tkaninou v plátnové dostavě, ale zároveň je celá konstrukce zpevněna perlinkovou tkaninou, utkanou ze skleněných monofilů. Ověření tažnosti a pevnosti bylo provedeno na trhacím zařízení Testometric M350-5 CT. Výsledné naměřené hodnoty byly mezi sebou porovnány. Z výsledků vyplývá, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced má minimální tažnosti oproti podkladové tkanině Tencate Thiobac Multi Layer a naměřené hodnoty jsou statisticky významně odlišné. Testování potvrdilo, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced je díky zpevnění perlinkovou tkaninou méně tažná a omezuje tak možnost zvlnění polypropylenové tkaniny.

Oba typy podkladové tkaniny byly podrobeny testování v teplotní komoře. Toto testování potvrdilo fakt, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer se vlivem tepelného zatěžování zvlní a do svého původního stavu se již není schopná vrátit. Dále byla testována podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced, u které je konstrukce zpevněna perlinkovou tkaninou ze skleněných monofilů. Tato podkladová tkanina si po testování zachovala svoji rozměrovou i tvarovou stabilitu a zůstala dokonale



rovná, bez projevů zvlnění. Testování v teplotní komoře potvrdilo, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer je nevhodná jako podkladová tkanina pro umělé trávníky 4. generace. Testování naopak potvrdilo, že podkladová tkanina Tencate Thiobac Glass Reinforced je díky svojí konstrukci pro trávníky 4. generace vhodná a u trávníků vyrobených z této podkladové tkaniny nebude vznikat zvlnění povrchu fotbalových hřišť s umělým trávníkem.

V rámci experimentální části diplomové práce byla zjišťována příčina zvlnění podkladové tkaniny. Bylo zjištěno, že do podkladových tkanin z polypropylenu je při výrobě a následném skladování zaneseno napětí. Projevení napětí je v podkladové tkanině omezeno vysokou viskozitou polypropylenu. Viskozita polypropylenu při teplotách na přímém slunci klesne a napětí se projeví zvlněním. Na základě tohoto zjištění byla podkladová tkanina Tencate Thiobac Multi Layer podrobena stabilizaci. Test stabilizace probíhal zatížením závažím a vystavením vzorku v teplotní komoře teplotě o hodnotě 100 °C po dobu 20 minut. Po tepelné fixaci bylo u podkladové tkaniny zjišťováno, zda se po tepelném zatížení ve volném stavu zvlní, jak tomu bylo před stabilizací. Testování ukázalo, že podkladová tkanina po opětovném zatěžování si zachová svou rozměrovou a tvarovou stabilitu a nedojde u ní k zvlnění. V průmyslové výrobě se tato stabilizace provádí na napínacích rámech.

Ekonomické zhodnocení obou generací fotbalových trávníků bylo vypracováno pro lepší orientaci potencionálních investorů. Porovnány byly náklady na pořízení samotného trávníku, u trávníku Champion byly do kalkulace zařazeny náklady na nezbytný zásyp, který tvoří křemičitý písek a granulát, u trávníku 4. generace Active byly do kalkulace započítány náklady na pořízení podkladové podložky, která se instaluje přímo pod trávník. Tato deska zde slouží k absorpci nárazu. Tyto náklady byly přepočítány na rozměry fiktivního fotbalového hřiště o celkové ploše 105 x 68 metrů. Náklady na pořízení trávníku 3. generace byly vyčísleny na hodnotu 2 755 825,80 Kč. Celkové náklady na pořízení trávníku Active ve stejné ploše vycházejí na 3 513 379,80 Kč. Rozdíl těchto cen je 757 554,00 Kč ve prospěch trávníku 3. generace Champion. Z ekonomického hlediska je patrné, že cenově výhodnější je trávník 3. generace Champion oproti trávníku 4. generace Active.

Inovativní řešení firmě Juta, a.s. bylo navrženo na základě jednotlivých částí diplomové práce. Mechanicko – fyzikální požadavky Mezinárodní fotbalové federace FIFA splňují obě generace fotbalových trávníků, proto zde není důvod k jejich konstrukční změně. Nejvýznamnějším nedostatkem trávníku 4. generace Active je zvlnění podkladové tkaniny při působení vysokých teplot na přímém slunci. Ze zjištěných poznatků vyplývají dvě možná inovativní řešení, která tento problém řeší. Jednou z variant je přeorientování vsívání vlasu trávníku do konstrukčně inovované podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced, jejíž konstrukci zpevňuje tkanina v perlinkové vazbě. Nedílnou součástí změny této výrobní technologie je nutnost pořízení nového vsívacího stroje, který je schopen do této podkladové tkaniny vsívat vlas trávníku. S tím jsou spojeny vysoké počáteční náklady na pořízení této technologie. Dále jsou s touto investicí spojeny náklady na zaškolení operátorů vsívacího stroje. Mezi další pořizovací náklady se řadí náklady na pořízení této podkladové tkaniny, která je nakupována v Holandsku. Tím pádem je chod firmy závislý na mnoha faktorech, které mohou nastat jak na straně výrobce této podkladové tkaniny, tak na riziku a případné nejistotě spojené s dopravou. Druhým navrženým inovativním řešením je stabilizace původní podkladové tkaniny. Ta by mohla být realizována na průmyslové úrovni přímo firmou Juta, a.s. U této varianty inovativního řešení jsou počáteční náklady spojené s pořízením napínacího rámu, kterým by se podkladová tkanina stabilizovala. Z ekonomického hlediska je tato varianta výhodná pro firmu Juta, a.s. také proto, že podobnou podkladovou tkaninu pro své trávníky tká v jednom ze svých závodů. Tato varianta je pochopitelně méně nákladná, protože je očištěna o marži dodavatele a o podstatnou část nákladů spojených s dopravou.

Poptávka po umělých trávnících ve světě roste. Jeden z důvodů je ekonomický růst asijských a afrických zemí, kde vybudování fotbalového hřiště s přírodním trávníkem je náročné. Proto je nutné, aby výrobce umělých trávníků tento poptávkový trend sledoval a reagoval na něj adekvátní nabídkou, která tuto poptávku pokryje produkty, které náročnost investorů kvalitou výrobku uspokojí.

## 16 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Historie firmy Juta, a.s [online]. [citováno dne 10. 1. 2012]. Dostupné z: <http://www.juta.cz/historie.htm>
- [2] Historie vzniku umělého trávníku [online]. Datum publikace 2012 [citováno dne 10. Ledna 2012]. Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/AstroTurf>
- [3] JUTAgrass. JUTA a.s. [www.jutagrass.cz](http://www.jutagrass.cz) [online]. 2011 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: [http://www.jutagrass.cz/?v=travniky\\_proc](http://www.jutagrass.cz/?v=travniky_proc)
- [4] ORSÁG, Petr. *Technologický postup: Extruzní linka Barmag*. Dvůr Králové nad Labem: JUTA, a.s. závod 15, 2008.
- [5] ČEJKOVÁ, Radana. *Technologický postup: Ovíjení a texturování*.– Dvůr Králové nad Labem: JUTA, a.s. závod, 2008.
- [6] ČEJKOVÁ, Radana. *Technologický postup: Zákrutování* – Dvůr Králové nad Labem: JUTA, a.s. závod 15, 2008.
- [7] ČEJKOVÁ, Radana. *Technologický postup: Všívání*. Dvůr Králové nad Labem: JUTA, a.s. závod 15, 2008.
- [8] LAŠ, Libor. *Technologický postup: Povrstvování*. Dvůr Králové nad Labem: JUTA, a.s. závod 15, 2010.
- [9] ČSN EN 12235. *Povrchy pro sportoviště: Stanovení výšky odrazu míče*. 2. doplněné vydání. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [10] ČSN EN 15301-1. *Povrchy pro sportoviště: Stanovení odporu proti rotačnímu pohybu*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2007
- [11] ČSN EN 14808. *Povrchy pro sportoviště: Stanovení absorpce nárazu*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [12] ČSN EN 15306. *Povrchy pro sportoviště: Vystavení syntetické trávy simulovanému opotřebení*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2007.

- [13] ČSN EN 14809. *Povrchy pro sportoviště: Stanovení vertikální deformace*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [14] ČSN EN 12234. *Povrchy pro sportoviště: Stanovení chování míče při valení*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003.
- [15] JUTA, a.s. závod 15 Dukelská 417 Dvůr Králové nad Labem 544 15. *Technický list CHAMPION 60/140*. 2012.
- [16] Sklopísek Střeleč. SKLOPÍSEK STŘELEČ, a.s. *Sklopísek Střeleč* [online]. 2010 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.glassand.eu/>
- [17] JUTA, a.s. závod 15 Dukelská 417 Dvůr Králové nad Labem 544 15. *Technický list ACTIVE*. 2012.
- [18] WEIN, O.: *Úvod do reologie*. 1. vyd. Brno: Malé centrum, 1996. 84 s.
- [19] SOBOTKA, Z.: *Reologie hmot a konstrukcí*. 1. vyd. Praha : Academia, 1981. 499 s.
- [20] KREBS, J.: *Teorie zpracování nekovových materiálů. Část 1, Zpracování plastů*. 1. vyd. Liberec : Vysoká škola strojní a textilní, 1991. 250 s. ISBN 80-7083-074-3.
- [21] Struktura a vlastnosti polymerních materiálů [online]. [cit. 9.2.2011]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/pol/Fyzika%20polymeru/Fyzika%20polymeru.htm>
- [22] LABOSPORT FRANCE. *FIFA LABORATORY TEST REPORT: Champion 60/140 EPDM*. 19/9 2012.
- [23] Hes, L.: Soukromé sdělení
- [24] Napínací rám: Funkce stroje [online]. 3. 5. 2014 [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%ADnac%C3%AD\\_r%C3%A1m](http://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%ADnac%C3%AD_r%C3%A1m)

## 17 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- zařízení sloužící ke stanovení odporu proti rotačnímu pohybu [9].....	19
Obrázek 2 - profil fotbalového špuntu (rozměry v milimetrech) [9].....	20
Obrázek 3 - zařízení Triple A [10].....	22
Obrázek 4 - <i>zařízení sloužící k simulovanému zatížení trávníku</i> [12].....	24
Obrázek 5 - boční pohled testovací rampy [14].....	28
Obrázek 6 – boční pohled na vzorek trávníku Champion 60/140 .....	29
Obrázek 7 – <i>granulát EPDM firmy Ekotrend Ludky s.r.o.</i> .....	33
Obrázek 8 - boční pohled na vzorek trávníku Active .....	34
Obrázek 9 – Model dokonale elastické pružiny.....	38
Obrázek 10 - Model pístu s ideálními tokovými vlastnostmi .....	39
Obrázek 11 – model dokonale elastické pružiny .....	39
Obrázek 12 – Kelvinův model .....	40
Obrázek 13 - graf průběhu přetrhu osnovy podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer .....	50
Obrázek 14 - graf průběhu přetrhu útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer .....	52
Obrázek 15 - graf průběhu přetrhu osnovy podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced.....	55
Obrázek 16 - graf průběhu přetrhu útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced.....	57
Obrázek 17 – zvlněný vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer.....	58

Obrázek 18 - vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po 24 hodinách relaxace .....	59
Obrázek 19 - vzorek podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po testování .....	60
Obrázek 20 – testovaná podkladová tkanina se závažím.....	62
Obrázek 22 – testování podkladové tkaniny při teplotě 70 °C .....	63
Obrázek 21 – testování podkladové tkaniny při teplotě 60 °C .....	63
Obrázek 23 – testování podkladové tkaniny při teplotě 80 °C .....	64
Obrázek 24 – testování podkladové tkaniny při teplotě 90 °C .....	64
Obrázek 25 – boxplot graf .....	68
Obrázek 26 – napínací rám firmy Monforts Textilmaschinen GmbH & Co. KG [24].....	71

## 18 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - tabulka parametrů hodnot odrazu míče .....	16
Tabulka 2 – technické informace k trávniku Champion [15] .....	30
Tabulka 3 – základní technické parametry trávniku Champion [15].....	31
Tabulka 4 – střední hodnota velikosti zrn křemičitého písku a jeho hustota.....	32
Tabulka 5 - technické informace k trávniku Active [17].....	34
Tabulka 6 - základní technické parametry trávniku Active [17] .....	35
Tabulka 7 – základní technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer .....	36
Tabulka 8 – základní technické parametry podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced.....	36

Tabulka 9 - <i>Požadavky Mezinárodní fotbalové federace pro testování</i> [30] .....	42
Tabulka 10 - výsledky mechanicko – fyzikálních testů [22] .....	44
Tabulka 12 – výsledky mechanicko – fyzikálních testů .....	46
Tabulka 13 – výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po osnově .....	49
Tabulka 14 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer po útku .....	51
Tabulka 15 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po osnově .....	54
Tabulka 16 - výsledky měření přetrhu podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced po útku.....	56
Tabulka 17 – výsledky z porovnání osnov podkladových tkanin.....	67
Tabulka 18 - výsledky z porovnání útků podkladových tkanin.....	67
Tabulka 19 - kalkulace nákladů trávníku Champion .....	72
Tabulka 20 – kalkulace nákladů trávníku Active .....	73

## **19 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1 – Výroba monofilu

Příloha č. 2 – Ovíjení sdružených monofilů

Příloha č. 3 – Zákrutování fibrilované pásky

Příloha č. 4 – Všívání vlasu trávniku do podkladové textilie

Příloha č. 5 – Povrstvování

Příloha č. 6 – Metody měření – zařízení

Příloha č. 7 – Testování trávniku Active

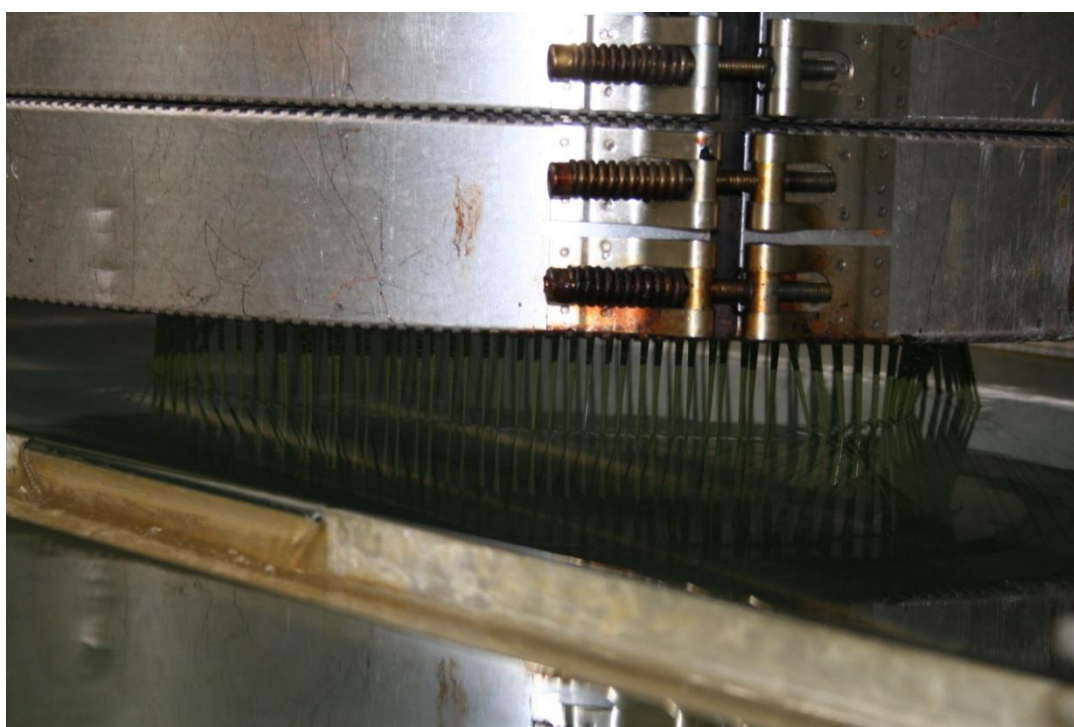
Příloha č. 8 – Ověření normality dat pomocí znázornění v QQ grafu



## Výroba monofilu



*Vytlačovací hlava extruzní linky*



*Vytlačovací hlava extruzní linky*

**Ovíjení sdružených monofilů**



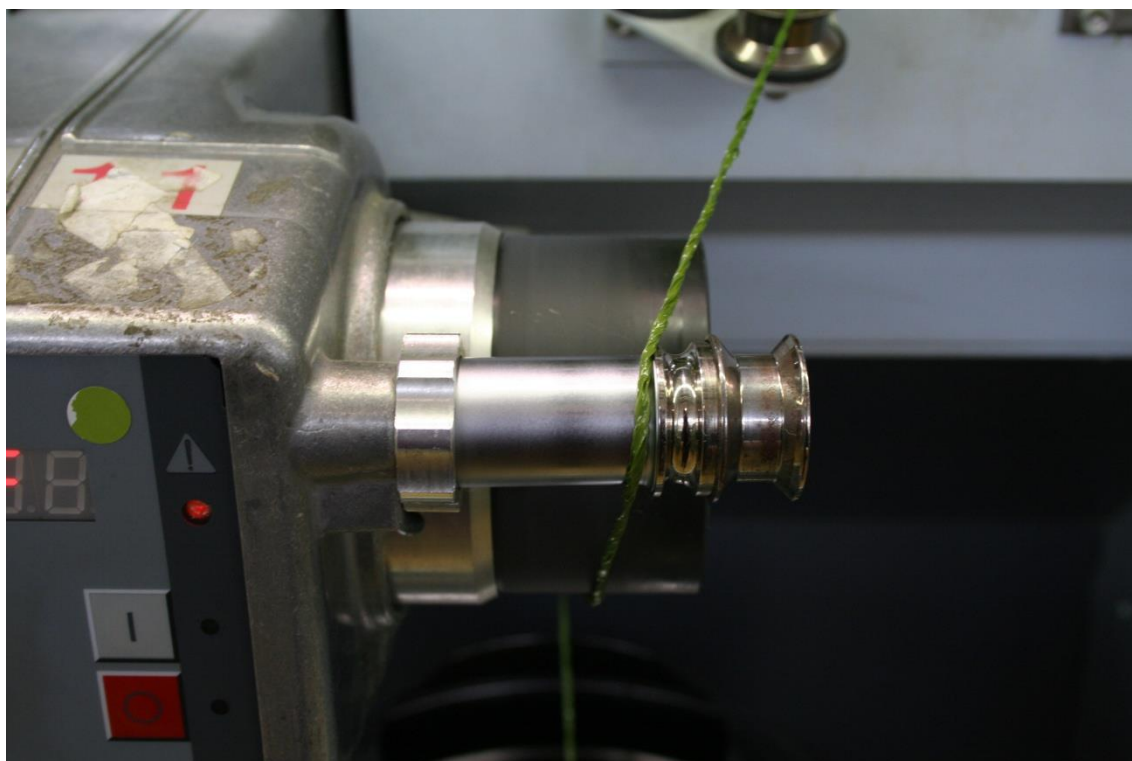
*Polyesterová ovíjecí příze*





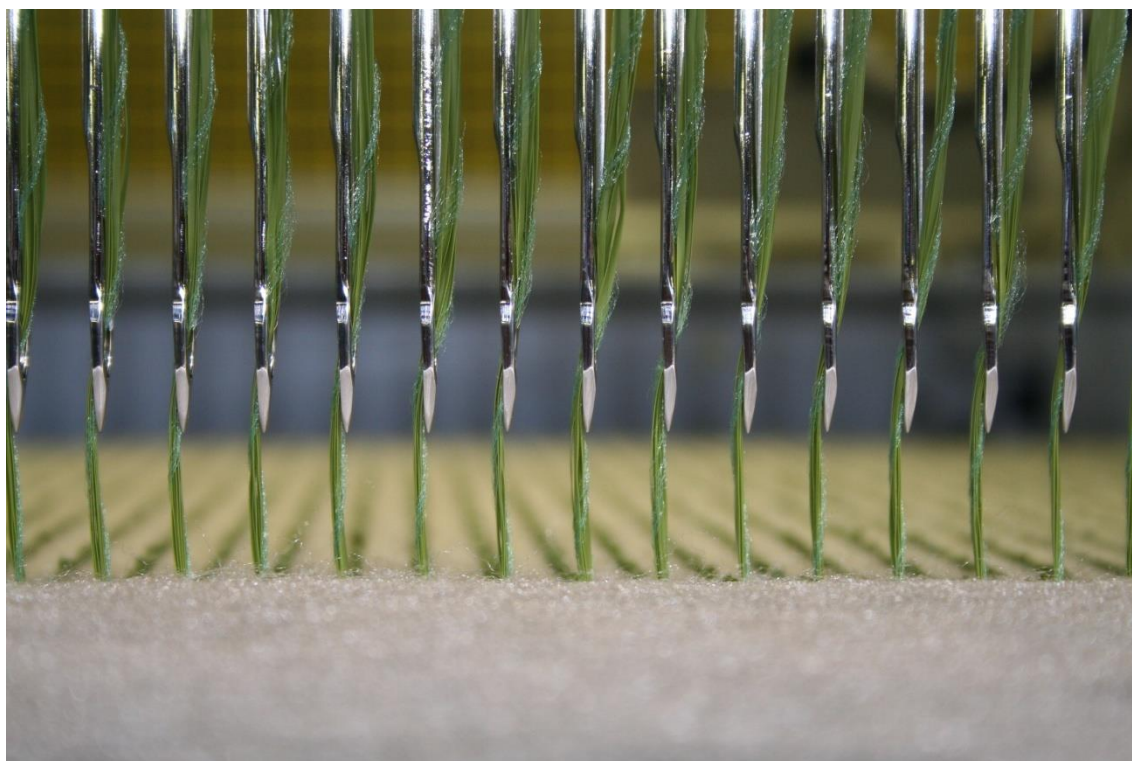
*Sdružené monofily ovinuty polyesterovou přízí*

### **Zákrutování fibrilované pásy**



*Vkládání zákrutu fibrilované pásce*

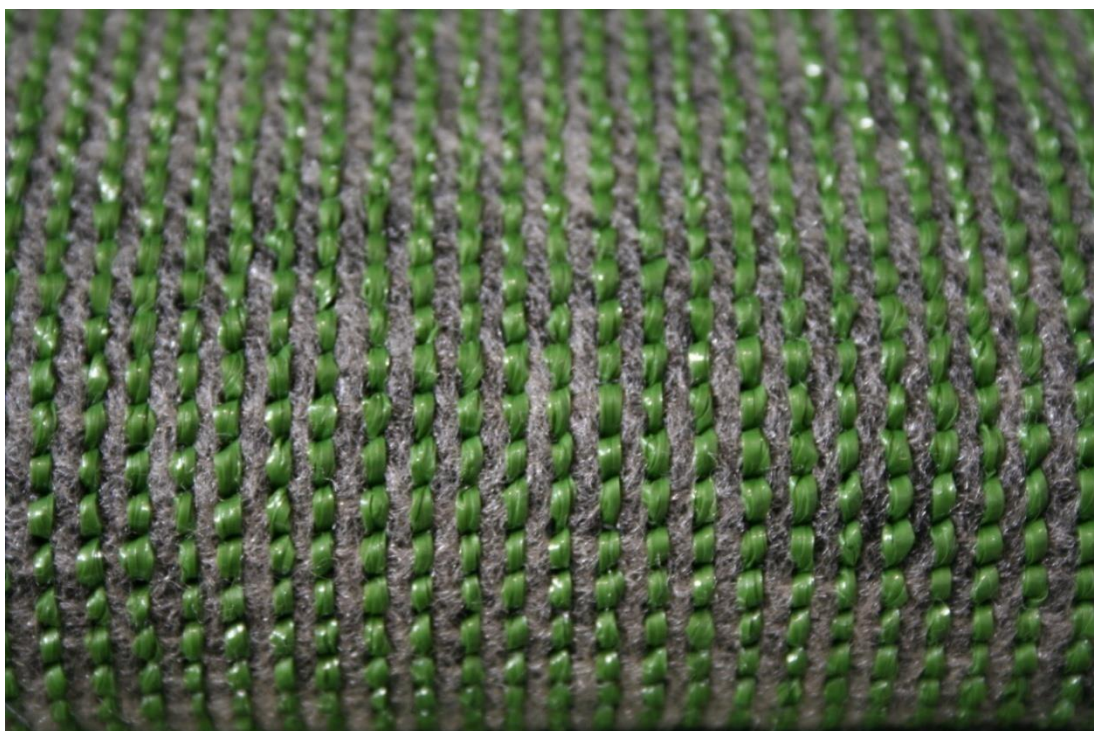
**Všívání vlasu trávniku do podkladové textilie**



*Všívání vlasu trávniku do podkladové textilie*



## Povrstvování



*Volné ukotvení vlasu v podkladové textilií*



*Nanášení SBR latexu na rubovou stranu trávniku na povrstvovací lince*

## Metody měření – zařízení



*Zařízení na spuštění míče k stanovení výšky odrazu míče*



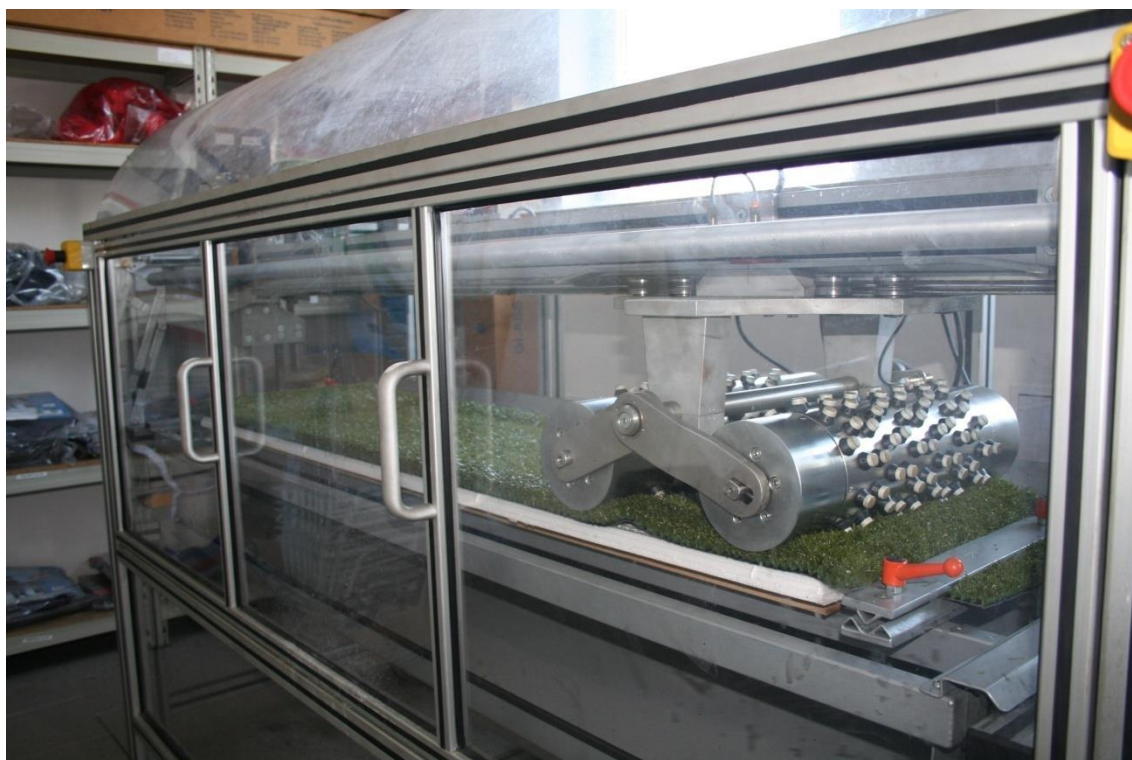


*Zařízení sloužící ke stanovení odporu proti rotačnímu pohybu*

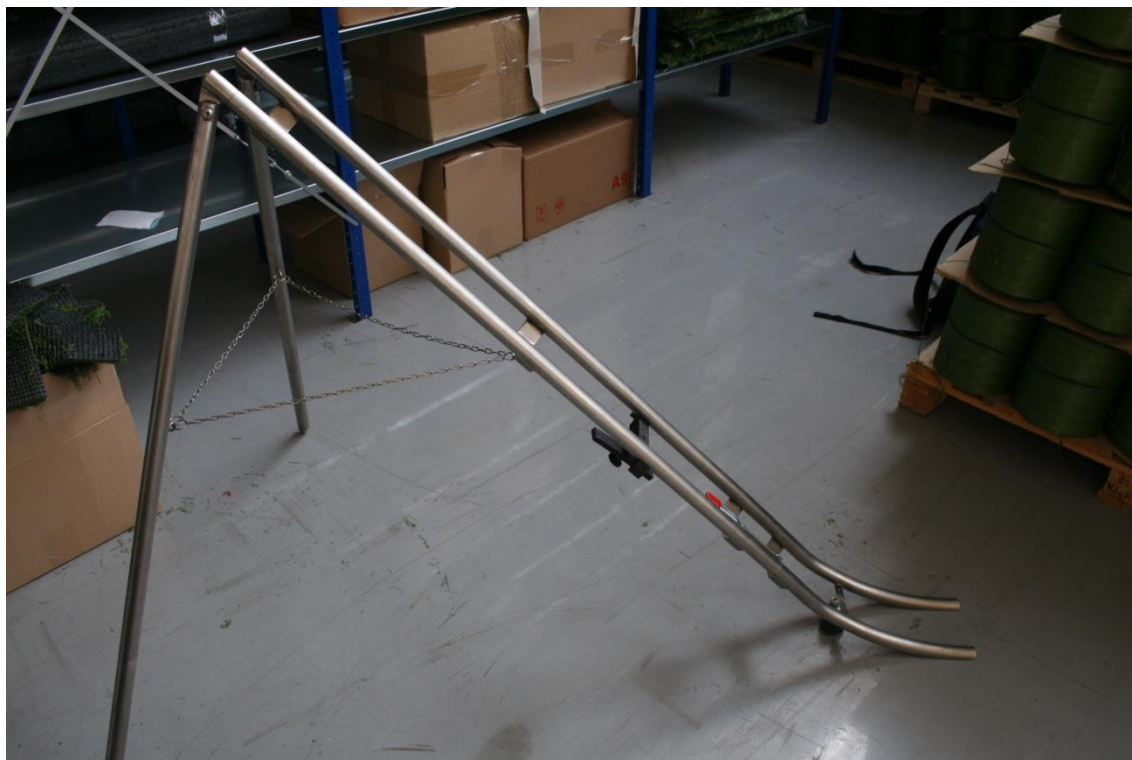




*Zařízení Triple A*



*Zařízení sloužící k simulovanému zatížení trávníku (Lisport)*



*Testovací rampa sloužící k stanovení chování míče při valení*



**Testování trávníku Active**



*Testovací rampa na hřišti s trávníkem Active*





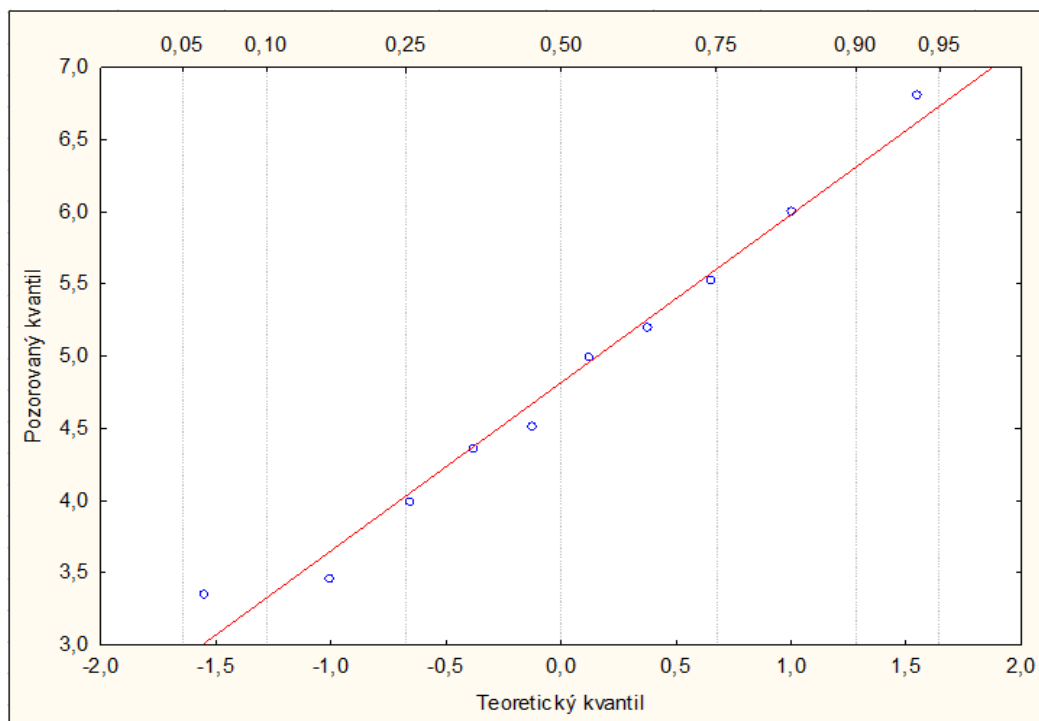
*Fotbalový míč schválený Mezinárodní fotbalovou federací FIFA*



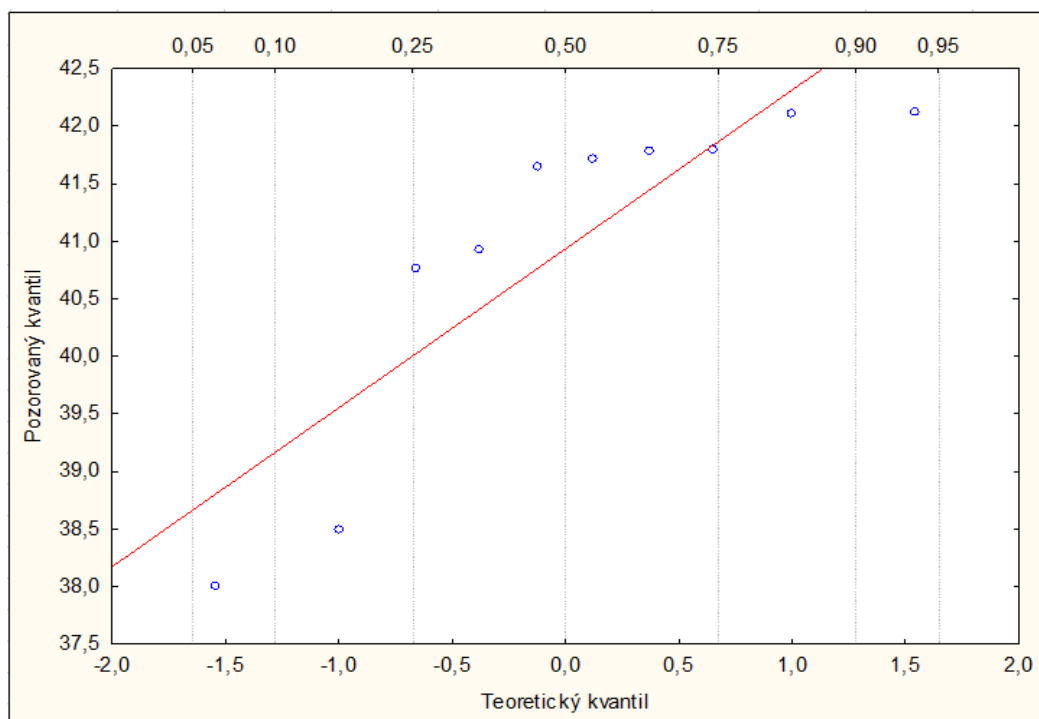
*Spouštěcí zařízení při stanovení odrazu míče od povrchu trávniku Active*

## Příloha č. 8

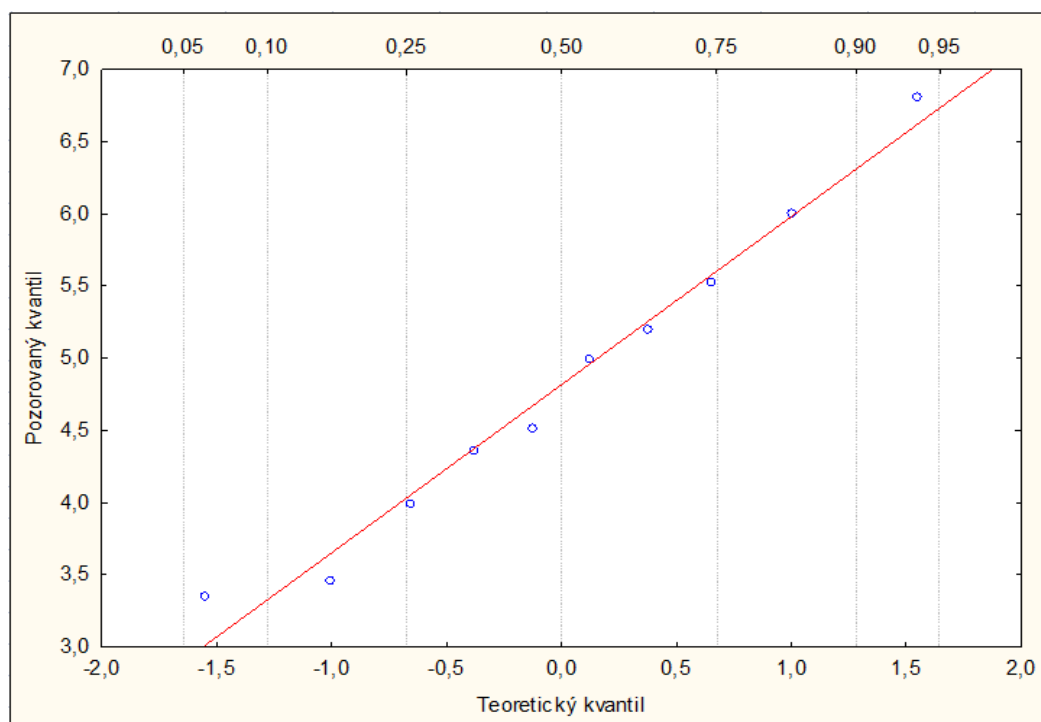
### Ověření normality dat pomocí znázornění v QQ grafu



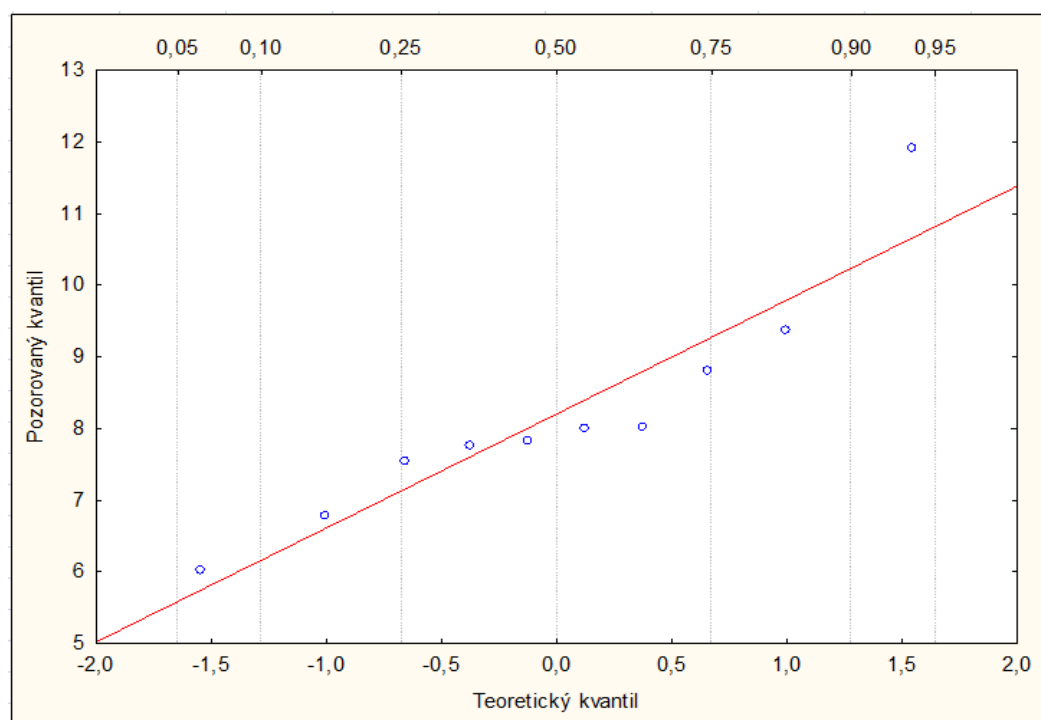
*Ověření normality dat u osnovy podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer*



*Ověření normality dat u útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Multi Layer*



*Ověření normality dat u osnovy podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced*



*Ověření normality dat u útku podkladové tkaniny Tencate Thiobac Glass Reinforced*